

**Īskra Yovanovska  
Yasna Domazetovska**

# **ELEKTRONİK KURGULAR VE CĪHAZLAR**

**III sınıf**

**ELEKTRONİK VE TELEKOMÜNİKASYON ELEKTRO TEKNĪSİYENLERĪ**

**ELEKTROTEKNİK MESLEĒĪ**

**Ūskűp, 2011**

**Derleyenler:**

Prof. dr. Mariya Katsarska  
müh. Snejana Pazarcieva  
müh Nevenka Smilevska

**Düzeltilme:**

Gordana Ilieva

**Bilgisayar hazırlığı:**

Kiro Mavroski

**Makedonca'dan Türkçe'ye çeviri:**

Ervin Salih

**Dil redaksiyonu:**

Dr. Fatima Hocin

**Lektör:**

Soraya Şain

**Yayıncı:** Makedonya Cumhuriyeti Eğitim ve Bilim Bakanlığı

**Basımevi:** Grafički Centar Ltd., Üsküp

**Tiraz:** 50

Makedonya Cumhuriyeti Eğitim Bakanlığı Nr. 22-5307/1 ve 30.11.2010 tarihli kararıyla işbu kitabın kullanılmasına izin verilmiştir.

CIP - Каталогизација во публикација

Национална и универзитетска библиотека "Св.Климент Охридски", Скопје  
621.38(075.3)

ЈОВАНОВСКА, Искра

Електронски склопови и уреди : III година електротехничар за електроника  
и телекомуникации / Искра Јовановска, Јасна Домазетовска. - Скопје :  
Министерство за образование и наука на Република Македонија, 2011. - 403, [ 1  
] стр. : илустр. ; 30 см

ISBN 978-608-226-173-7

1. Домазетовска, Јасна [автор]

COBISS.MK-ID 86461706

# ÖNSÖZ

**E**lektronik devreler ve cihazlar dersini elektroteknik mesleğinde, elektronik ve telekomünikasyon elektro teknisiyen dalından öğrenciler okuyorlar. Bu ders iki yıl okunuyor-üçüncü ve dördüncü sınıfta. Üçüncü sınıfta öğrenciler sesi bir enerji türden başka enerji türüne dönüştüren cihazları ve ses sinyaliini kaydeden ve oynatan cihazları inceliyor. Dördüncü sınıfta ise video sinyalin (resimin) sesle beraber oluşması, iletimi ve oynatması inceleniyor. Kameralar, TV-alıcılar ve video kayıt cihazları hakkında söz edilecek.

2006 yılında orta meslek eğitiminde yapılan reformlarla, Elektronik Kurgular ve Cihazlar dersi eğitim programı, bu alanın hızlı gelişimini takip ederek genişlendi, yenilendi ve zenginleştirildi.

Eğitim planına uygun şekilde, üçüncü ve dördüncü sınıfta Elektronik Kurgular ve Cihazlar dersi olduğu gibi, seçim dersleri olarak okunan dersler arasında, öğrencilerin şimdi daha geniş seçim eğitim içeriklerden seçme olanakları vardır. Bu kitapta sıralı eğitim dersi ya da seçim dersi olarak Elektronik Kurgular ve Cihazlar dersi için eğitim programına uygun eğitim içerikleri kapsanmıştır.

Bu malzeme çerçevesinde okunan Eletronik kurgular ve cihazlar dokuz bölüme ayrılmıştır. Önce, sesin akustik bakış noktasından, şekiller, özellikler ve analogilerle başlıyoruz. Audioelektronik cihazların genel gelişimi, tüm bilim dalları ve tekniklerde kazanımları uygulayarak, sesin özelliklerine ve insan kulağının ihtiyaçları ve olanaklarına dayanıyor. Elektroakustik dönüştürücülerin, ses kaydını ve yayın alıcılarını gözetleyeceğiz. Özellikle çalışma prensiplerine, olası yapımlara, özelliklere ve uygulamaya dikkat verilmiştir. Yapımlar basit yapılardan daha modern yapılara hareket ederek inceleniyor.

Eğitim programına ve okuma içeriklerinin yapısına uyumlu olarak, Elektronik Kurgular ve Cihazlar seçim dersinde konu bütünleri dört konu çerçevesinde işlenilmiştir: genel elektronik kurgular ve cihazlar, tiristör kurgular ve cihazlar, ayarlama devrelerinde kurgular ve cihazlar ve sinyalleşme ve koruma kurguları ve cihazları. Bu içerikleri sadece onları seçen öğrenciler, bilgilerini genişletmek amacıyla öğrenebilecek.

*İşlenen malzemenin sürekli ilerlemesini göz önüne alarak, öğretmenin de bu alanlarda bilgilerini devamlı olarak genişleteceğini düşünüyoruz. Tabii ki, ilerdeki basımlarda bu alanlardan olası yenilikleri de eklenmesine çaba gösterilecek. Bizim meslekdaşlarımıza olduğu gibi, Üsküp Elektroteknik ve bilişim teknolojiler fakültesinden meslekdaşlarımıza, verilen yardım ve olumlu önerilerinden dolayı teşekkürlerimizi sunuyoruz.*

*Verdikleri destek, gösterdikleri anlayış ve yardım için ailelerimize özel olarak teşekkür ediyoruz. Ayrıca, vereceğiniz ek öneri ve yorumları takdir ederek, önceden teşekkür ediyoruz.*

*Yazarlar*

# İçindekiler

---

<b>ÖNSÖZ</b>	<b>3</b>
<b>GİRİŞ</b>	<b>9</b>
<b>1. ELEKTRO-AKUSTİK CİHAZLAR</b>	<b>11</b>
1.1. SES HAKKINDA TEMEL TERİMLER	11
1.2. BASİT VE KARMAŞIK SES	14
1.3. SESİN YAYILMASI SIRASINDA MEYDANA GELEN OLAYLAR	17
1.4. SESİN FİZYOLOJİK ÖZELLİKLERİ	21
1.5. ELEKTRO AKUSTİK DÖNÜŞTÜRÜCÜLER	24
1.6. MİKROFONLAR	24
1.7. MİKROFONLARIN AYRIMI	28
1.7.1. Akustik Ayrım	28
1.7.2. Mikrofonların Elektrik Ayrımı	31
1.7.3. Telsiz Mikrofonlar	37
1.8. HOPARLÖRLER	39
1.8.1. Elektrodinamik Hoparlörler	44
1.9. SES KUTULARI	47
1.10. ALAN SESLENDİRME	53
1.11. STEREOFONİK ÇEKİM TÜRLERİ	55
<b>2. ANALOG SES KAYIT CİHAZLARI</b>	<b>62</b>
2.1. MEKANİK SES KAYDII	63
2.1.1. Elektrikli Gramofon	66
2.2. MANYETİK SES KAYDI	71
2.2.1. Manyetik Ses Kayıt İlkesi	72
2.2.2. Teypçalarlar	76
2.2.3. Manyetik Teypçalarların Blok-Modeli	81
<b>3. DİJİTAL SES KAYIT CİHAZLARI</b>	<b>86</b>
3.1. SİNYALLERİN DİJİTALLEŞMESİ	86
3.2. DİJİTAL KAYDININ SIKIŞTIRILMASI	91
3.2.1. MPEG Ses Sıkıştırması	92
3.3. DİJİTAL SES KAYIT CİHAZLAR	94
3.3.1. DAT Sesinin Dijital Kayıt Cihazları	94
3.3.2. Sabit-Disk(HDD)	98

3.3.3. Kompakt-Disk (CD)	101
3.3.4. Diğer Dijital Ses Taşıyıcıları	106

#### **4. SES KUVVETLENDİRİCİLER 113**

4.1. SES KUVVETLENDİRİCİ TÜRLERİ	113
4.2. ALÇAK FREKANSLI (AF) KUVVETLENDİRİCİLERİN ÖZELLİKLERİ	114
4.3. SES KUVVETLENDİRİCİNİN BLOK-MODELİ	120
4.4. ÖNKUVVETLENDİRİCİ	122
4.4.1. Mikrofon Girişli Önkuvvetlendirici	124
4.5. AMPLİTÜD ÖZELLİĞİNİN AYAR DEVRESİ	127
4.5.1. Grafik Denkleştirici	128
4.5.2. Karıştırıcı-Mikset	129
4.6. SES RENĞİAYARI	130
4.7. SES GÜÇ KUVVETLENDİRİCİLERİ	135
4.8. TÜMLEŞEN TRANSİSTÖRLÜ ÇIKIŞ AŞAMASI	137
4.9. (HI-FI) CİHAZLARDA SES KUVVETLENDİRİCİLERİ	139
4.9.1. Ses Kuvvetlendiricilerinin Pratik Kullanımı	140

#### **5. RADYO YAYIN İLETİM CİHAZLARI 146**

5.1. RADYO İLETİM PRENSİBİ	148
5.2. RADYO VERİCİ	149
5.2.1. AM-Sinyal Vericisi	151
5.2.2. FM-Sinyal Vericisi	155

#### **6. RADYO YAYIN ALICI CİHAZLARI 162**

6.1. YAYIN ALICILARI	162
6.1.1. AM-Yayın Alıcılar	163
6.1.2. FM-Yayın Alıcılar	165
6.2. RADYO ALICILARININ ÖZELLİKLERİ	168
6.3. GİRİŞ DEVRELERİ	170
6.4. 4 YÜKSEK FREKANS (VF) KUVVETLENDİRİCİ	174
6.5. FREKANSIN DEĞİŞME DERESESİ (SPF)	176
6.6. FREKANSLARIN SENTEZİ	178
6.7. ARA FREKANS KUVVETLENDİRİCİ DERESESİ (MF3)	182
6.8. UKB - BİRİMİ	184
6.9. MF-AMLM ALICI KUVVETLENDİRİCİ	185
6.10. YAYIN ALICILARDA ALGILAYICI (DETEKTÖR)	186
6.11. ALICININ ALÇAK FREKANSLI BÖLÜMÜ	194
6.12. ALICININ AĞ DERESESİNDE DEVRELER	196
6.13. RADYO ALICININ ELEKTRONİK MODELİ	198

<b>7. STEREOFONİK RADYO ALICILAR</b>	<b>202</b>
7.1. STEREOFONİK KODLAYICI-KODÇÖZÜCÜ	206
7.2. ÇOKKANALLI ÜREME	215
7.3. PROGRAM TANIMLAMA(Pİ-sistem)	216
<b>8.OTOMOBİL RADYO ALICILARI</b>	<b>224</b>
8.1. OTOMOBİL RAYO ALICI TÜRLERİ	224
8.2. OTOMOBİL RADYO ALICILAR İÇİN EK DONANIM	225
8.3. OTOMOBİLDE RADYO ALICININ BAĞLANMASI	226
<b>9. RADYO RÖLE İLETİM CİHAZLARI</b>	<b>230</b>
9.1. RADYO RÖLE İLETİMİNİN ÖZELLİKLERİ	230
9.2. RADYO RÖLE İLETİMİNİN ÇOĞULLAMASI	233
9.3. RADYO RÖLE İLETİMİNİN YAPISI	236
9.4. MOBİL İLETİMİNİN (GSM) YAPISI	239
9.5. VERİ AKTARIMI	243
<b>EK</b>	<b>248</b>
Ek 1	248
Ek 2	252
Ek 3	255
<b>KAYNAKÇA:</b>	<b>256</b>





# GİRİŞ

**B**u ders kitabında incelenen malzeme büyük sayıda cihazı kapsıyor. *Yapısında elektronik elemanlarıçeren cihazlara elektronik cihazlar denir.*

Eğitim programından, okunan eğitim içeriklerin yapısına ve verilen amaçlarına kadar uyumlu olarak, bu ders kitabında sesi elektrik sinyallere, ve elektronik sinyallerini sese dönüştüren elektro-akustik cihazlarının yanı sıra sesi kaydetme, oynatma, ses alma ve verme cihazları inceleniyor.

Sesi işleyen cihazlar elektro-akustik dönüştürücüler olarak adlandırılıyor ve onlar şunlardır: *mikrofon, hoparlörler ve kulaklıklar*. Sesi kalıcı olarak yazan, yani kaydeden ve onları fazla kez oynatabilen cihazlar şunlardır: *gramofon, manyetik teypçalar ve dijital cihazlar*. Tüm bu cihazların geniş kullanımını, farklı özellikleri, performansları ve olanakları var. Biz bu cihazların incelenmesine önem vereceğiz. Andığımız cihazları, çoğu üretici, Hi-Fi denilen sistemlere (yüksek sadakat oynatma sistemi) yerleştiriyor. Bu sistemler CD, gramofon, teypçalar-kasetçalar ve kuvvetlendirici içeren ve kaliteli ses kutularıyla sonlanan sistemlerdir. Tüm bu sistemler yapılarında elektronik, telekomünikasyon, elektronik ölçme, üretim teknoloji alanlarından tüm yenilikleri, elektrik bileşenleri ve yeni malzemeler kullanıyor.

Ses aktarımı, yayın yapma yani, radyovericiler ve radyoalıcılar (AM ve FM) yardımıyla yapılıyor.

*Radyo alıcı yukarıda sayılan audioelektronik cihazlarla beraber, paralel olarak gelişen cihazdır. Üçüncü sınıfta elektronik aygıtlar çerçevesinde özellikle radyo yayın alıcılarla ilgileneceğiz.*

*Radyo yayını başlangıçta monofonik olarak gerçekleşiyormuş, günümüzde ise radyo vericiler ve radyo alıcılar stereodur ve pratik uygulama tümleşik devrelerle gerçekleşiyor. Tümleşik devrelerin en önemli özellikleri küçük boyutları, çalışmada yüksek güvenilirlik ve nispeten düşük fiyatlarıdır.*

# 1. ELEKTRO-AKUSTİK CİHAZLAR

**S**es fiziksel bir olaydır. Ses katı, sıvı ve gas cisimlerin mekanik titreşimiyle meydana geliyor. Bu olaylar titreşen ortamın uygun değişimiyle (örneğin, basıncın, yoğunluğun ve titreşme hızının değişimiyle) izleniyor. Ortamın fiziksel durumunun değişimi, madde taneciklerinin dengeli durum etrafında titreşimiyle ortaya çıkıyor). Bu değişikliklere akustik titreşimler denir.

## 1.1. SES HAKKINDA TEMEL TERİMLER

*Ses kaynağı* akustik mekanik dalgaların meydana geldiği yerdir. Bunlar devamda *ses dalgaları* şeklinde, ses kaynağından radyal olarak tüm yönlere yayılıyor. Ses dalgalı yapıya sahiptir ve dalgalı hareketleri için geçerli olan tüm kanunlar, ses dalgaları için de geçerlidir. Sesin yayılması, suya bir cisim atılınca meydana gelen ve yayılan dalgalarla kıyaslanabilir. Suyu cisim atılınca, su tanecikleri kendi dengeli durumu etrafında titreşiyorlar, suyun akmamasına rağmen, su yüzeyünde dalgalar yayılıyor. Bu yayılma, titreşen ortamın esnekliğinin sonucudur.

Ses alanı, yani sesin meydana gelmesi, yayılması ve sesin algılandığı şekli akustik dalında inceleniyor. Frekansı 16Hz ile 20.000Hz arasındaki olan ses dalgalarına yani mekanik dalgalarına işitilebilir ses (işitilebilir kapsam) denir. İnsan kulağının fizyolojik yapısı o şekildedir ki frekansı 16Hz'ten daha düşük olan sesleri (infrasesleri) ve 20.000Hz'ten yüksek frekanslı sesleri (ultrasesleri) kaydedemiyor.

Ses fiziksel bir olgudur ve dolayısıyla kendi fiziksel özellikleri de vardır. Sesin temel özellikleri şunlardır: frekans, periyot, yayılma hızı ve dalga uzunluğu. Sesin temel büyüklüklerine bağlı olan diğer büyüklükler ise şunlardır: ses basıncı, akustik empedans, sesin şiddeti vb. Elektro-akustik cihazların incelenmesi için işitilebilir ses olarak adlandırılan, insan kullağının duyduğu sesler önemlidir. Bu sesi sadece fiziksel açıdan değil, insanın bu sesleri nasıl işittiğini, yani sesi fizyolojik açıdan da gözetliyoruz. Sesin analizi sırasında, fizyolojik açıdan sesin fizyolojik özellikleri tanımlanıyor. Sesin fizyolojik özellikleri, ses yüksekliği, gücü, ses rengi ve ses yönüne ait duygusudur.

Sesin temel özelliklerinden biri **frekanstır (f)**. *Frekans zaman biriminde değişiklikler sayısı olarak tanımlanıyor.* Ölçü birimi herz'tir (Hz), 1Hz'lik frekans ise bir saniye içinde bir değişiklik demektir.

*Bir değişikliğin sürdüğü zamana periyot (T) denir.* Periyot saniyeler (s) ile ölçülüyor.

Frekans ve periyot, aralarında şu ifade ile bağlıdır.

$$T = \frac{1}{f} [s] \dots\dots\dots(1-1)$$

İnsan kulağı 16Hz ile 20kHz (1kHz=1.000Hz) arasında olan frekanslı ses olgularını kaydedebiliyor. Frekansları bu kapsamın dışında olan dalgaları insan kulağı kaydedemiyor. 16Hz altına sesler infrases, 20kHz üzerindeki sesler ise ultrasases olarak adlandırılıyor.

*Değişikliklerin ortamda yayıldığı hızına ses hızı (c) denir ve (m/s) ile ölçülüyor.* Sesin hızı, sesin yayıldığı ortamın özelliklerine bağlıdır. Hava ortamında, normal atmosfer basıncı ve 0°C'lık sıcaklıkta, sesin hızı  $c_0=331$  m/s'dir.

Her başka sıcaklık için, sesin hızı şu ilişkiyle belirleniyor:

$$c = c_0 \sqrt{\frac{T_k}{273,15}} \dots\dots\dots(1-2)$$

Yukarıdaki ifadede  $T_k$  gasın mutlak sıcaklığıdır. Mutlak sıcaklığın  $20^\circ$  sıcaklıkta değeri  $T_k=273,15+20=293,15K$ 'dır

Bu bilgiyi kullanarak, hava ortamında  $20^\circ C$  sıcaklıkta, sesin hızı 343 m/s değerinde olduğu kolayca hesaplanabiliyor.

Ses dalgasının bir peryod  $T$  zaman süresinde,  $c$  yayılma hızıyla geçtiği yola eşit olan mesafeye dalga uzunluğu denir ( $\lambda$ ) ve (m) ile ölçülüyor.

$$\lambda = c \cdot T = \frac{c}{f} \dots\dots\dots (1-3)$$

*Ses dalgasının bulunduğu alana ses alanı denir.* Ses alanının karakteristik büyüklükleri şunlardır: ses basıncı ( $p$ ), akustik empedans ( $Z_{AC}$ ) ve ses şiddetidir ( $J$ ).

**Ses basıncı ( $p$ )** bir cisimin mekanik titreşimleri etkisi altında gerçekleşen havanın yoğunlaşmasını ve seyreltmesini tanımlıyor. Bu cisim hoparlörün zarı yada bazı enstrümanın teli olabilir. Titreşimler sinüsoidal ise, o zaman ses basıncı sinüsoidal kurallarına göre değişecek. Basınç için ölçü birimi Paskal'dır (Pa). Basınç, gücün etkilediği yüzeyin ilişkisi olarak tanımlanıyor:

$$p = \frac{F}{S} [Pa] \quad \left( 1Pa = 1 \frac{N}{m^2} \right) \dots\dots\dots (1-4)$$

Ses basıncının elektroteknikte analog büyüklüğü vardır, o da gerilimdir. Ses basıncının değişmesi, havadaki taneciklerinin dengeli durumları etrafında titreşimlere yol açıyor. Aynı etki elektrik iletkenin gerilimiyle meydana geliyor.

**Akustik empedans** ses dalgasının yayıldığı ortamda ses titreşimlerinin amplitüdlerini etkileyen büyüklüktür. Akustik empedans şu ifadeyle belirleniyor:

$$Z_{AC} = \rho \cdot c \dots\dots\dots (1-5)$$

Yukarıdaki ifadede  $\rho$  ortamın yoğunludur,  $c$  ise verilen malzemede geçen ses hızıdır. Normal sıcaklığı olan havada, akustik empedans  $414kg/cm^3$  değerindedir.

Akustik empedans aşağıdaki ifadeyle de hesaplanabilir:

$$Z_{AC} = \frac{P}{v} \dots\dots\dots(1-6)$$

(1-6) ifadesinde,  $v$  taneciğnin titreştiği hızıdır ve *taneciğnin mevcut hızı* olarak adlandırılıyor,  $p$  ise ses basıncıdır. Taneciğnin hızı ( $v$ ), yayılma hızıyla ( $c$ ) karışmamalıdır.

Karakteristik akustik empedansına ( $Z_{AC}$ ), elektroteknikte  $Z_{AC}$  elektrik direnci uygundur, basınca gerilim uyar, hıza ise elektrik akımı uyar. Bu uyumları göz önüne alarak, (1-6) ifadesine akustikte OM (Ohm) kanunu deniyor.

Ses şiddeti ( $J$ ) ses basıncın ve hızın çarpımı olarak hesaplanıyor:

$$J = v \cdot p \dots\dots\dots(1-7)$$

Ses şiddeti ses alanının en önemli özelliklerinden biridir. Şiddet yüzey biriminde güç olarak tanımlanıyor ve ( $N/m^2$ ) ile ölçülüyor. Ses şiddetine elektroteknikte uygun olan büyüklük, güç ( $P$ ) büyüklüğüdür.

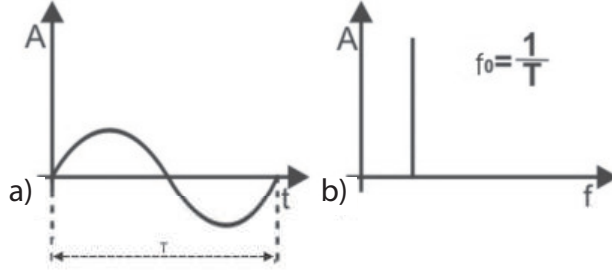
## 1.2. BASİT VE KARMAŞIK SES

Ses dalgaları ses kaynağından oluşuyor. Genel olarak, ses kaynağı titreşme olanağı olan her cisim olabilir. Çoğu zaman ses kaynağı bazı tel yada titreşebilen cisim oluyor. Örneğin, insan konuştuğu yada şarkı söylediği zaman, ses tellerinin mekanik titreşmesi sonucu olarak ses oluşuyor. Aynı olay gitar, piyano ve diğer müzik enstrüman tellerinin titreşmesiyle oluşan seslerde de meydana geliyor.

Sesin kaynağına bağlı olarak, ses basit ya da karmaşık olabilir.

**Basit** ya da **saf ses** olarak, özellikleri (basınç, taneciklerin hızı vs.) basit periyodik kurallarına göre (örneğin sinüsoidal) değişen sesler olarak adlandırılıyor. Sesin iki büyüklüğü ( $A$  amplitüdü ve  $T$  periyodu) biliniyorsa, o zaman basit sesin yayılması, tamamen olarak, tanımlanmıştır diyoruz.

Bu büyüklüklerin bağımlılığı Res.1-1'de olduğu gibi grafiksel olarak gösterilebilir. Apsiste (yatay eksen) frekans tanımlanıyor, ordinatta (dikey eksen) ise amplitüd tanımlanıyor. Bu şekilde elde edilmiş diyagrama izgesel (spektral) diyagram denir. Basit sesin izgesel diyagramını Res.1-1-b'de gösterilmiştir.



Res. 1-1. Basit sesin diyagramları: a) zaman diyagramı; b) izgesel diyagramı

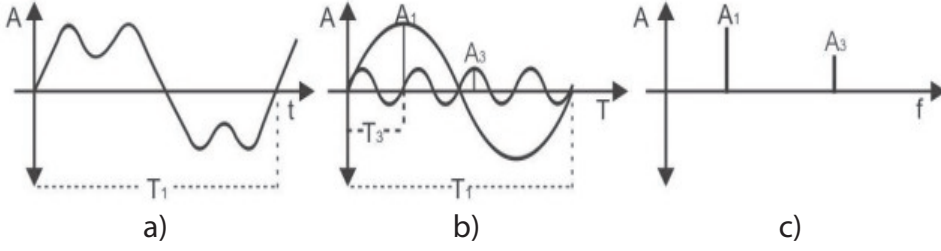
Basit sesleri sadece enstrümanlar üretebiliyor. Bu sesler ölçmelerde kullanılıyor, örneğin, ses jeneratöründen oluşan 1.000Hz'lik ses, radyoteknikte ve televizyonlarda test sinyali olarak kullanılıyor.

Doğada basit sese rastlanamaz. Müziğin, konuşmanın ve benzerlerin çok daha karmaşık biçimleri var. Bu sesler karmaşık sesler olarak adlandırılıyor. Matematik yöntemlerle, bu karmaşık sesler büyük sayıda (sonsuz sayıda) bileşenlere (harmoniklere) ayrıştırılabiliyor. Harmonikler temel frekanslardan tam sayı misli daha yüksek frekanslı seslerdir ( $\omega_0$ ).

Res.1-2-a'da karmaşık sesin dalga şekli tanımlanmıştır, (Res.1-2-b)'de o karmaşık sesin harmonikleri verilmiştir, (Res.1-2-c)'de ise karmaşık sesin izgesel diyagramı verilmiştir.

$$\omega_n = n \cdot \omega_0 \dots \dots \dots (1-8)$$

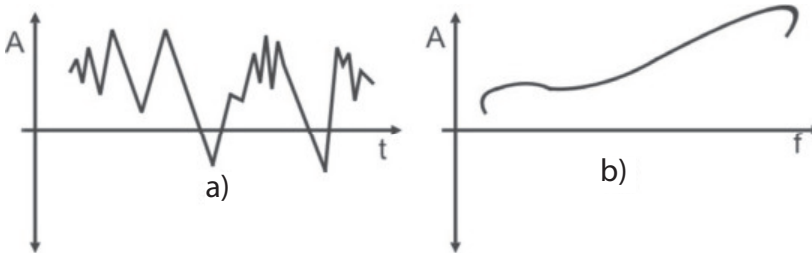
Karmaşık sinyalin iki bileşeni onun *harmonikleri* olarak adlandırılıyor. Birinci harmoniğin  $f_1 = 1/T_1$  frekansı var, ikinci harmoniğin ise  $f_2 = 1/T_2$  frekansı var. Resimden, birinci harmoniğin frekansı, karmaşık sinyalin frekansına eşit olduğu görülüyor. Bundan dolayı birinci harmoniğe temel harmonik denir.



Res. 1-2. Karmaşık ses: a) dalga şekli; b) harmonikler;  
c) izgesel diyagram

Önceki örnek iki bileşenden oluşan basit karmaşık ses olayıdır. Genel durumda, karmaşık ses ikiden fazla bileşen içeriyor. Harmoniklerin amplitüdü karmaşık sinyalin şekline bağlıdır. Bazı harmoniklerin amplitüdüleri sıfıra eşit olabilir, ve böyle durumda bu harmoniklerin olmadığı demektir. Karmaşık sesin rengi de harmoniklerin sayısı ve amplitüdülerine bağlıdır. İki aynı sesin farklı renginin olması da görülebilir. Böyle durum, iki seste temel harmoniğin frekansları aynı olmalarına rağmen, iki seste farklı boyutta temsil eden yüksek harmonikler arasındaki farkın sonucu olarak meydana gelebilir.

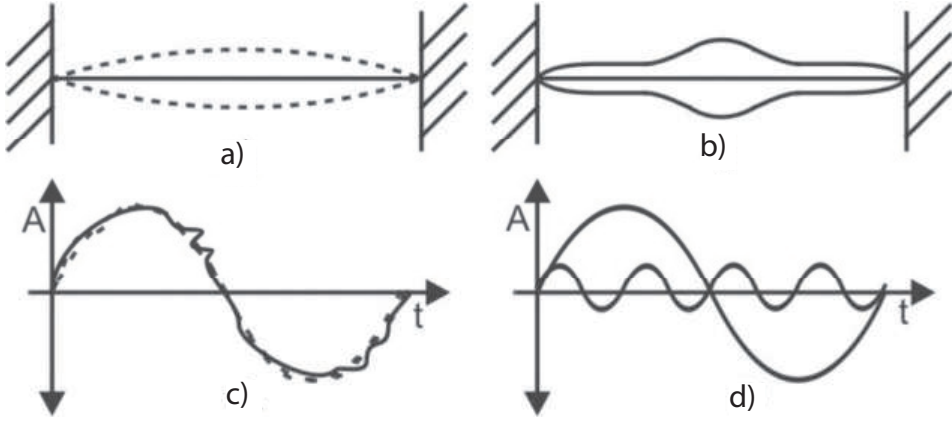
*Periyodik şeklinde meydana gelmeyen, amplitüdüleri ve frekansları devamlı değişen karmaşık sesler, çok büyük sayıda harmonikler içerebilir.* İnsan kulağı, işitme kapsamında olan tüm bileşenleri kaydediyor, ancak yakın aynı frekansları olan bileşenleri fark etmek durumunda değildir. Böyle bir karmaşık sesin dalga şekli (Res.1-3-a)'da verilmiştir.



Resim. 1-3. Karmaşık sesin diyagramları: a) dalga şekli  
b) izgesel diyagram



Görüldüğü gibi izgesel diyagram devamlı (kesintisiz) çizgiyle (devamlı izge ile) tanımlanmıştır. Bunu, sonsuz sayıda izgesel bileşenin olduğu ve spektral çizgisinin tüm bileşenlerin tepelerinin bağlanmasıyla elde edilme olgusundan kolayca anlayabiliriz (Res.1-3-b). Sonunda, karmaşık sinyallerin matematiksel ayrıştırılmasının fiziksel açıklaması olduğunu da vurgulayalım. Res.1-4'teki örneği inceleyelim. İki nokta arasında gerilmiş elastik bir tel dengeli durumdan çıkarılırsa ve titreşmeye başlarsa, telin etrafındaki havada basit ses meydana gelecektir (Res. 1-4-a). Ancak, pratikte böyle bir titreşmenin meydana gelmesi zordur.



Res.1-4. Gerilmiş telin titreşmesi: a) basit sesin oluşması;  
b) karmaşık sesin oluşması; c) karmaşık ses, ve  
ç) harmoniklerin ayrışması

Pratikte çok daha yakın titreşme (Res.1-4-b)'de gösterilen titreşmedir. Bu sırada oluşan karmaşık sesin biçimi (Res. 1-4-c)'de verilmiştir. Meydana gelen bu sesin (Res.1-4-ç)'de gösterilen iki sinüsoidal bileşene ayrışabileceği sonucuna kolayca varabiliriz. Bu sesin temel ve beşinci harmoniği var. Fiziksel bakış açısından, tel aynı zamanda iki ses veriyor.

### 1.3. SESİN YAYILMASI SIRASINDA MEYDANA GELEN OLAYLAR

Sesin dalgasal özelliği vardır ve dalgasal hareketlere ait olan tüm genel kanunlar ses için de geçerlidir. Örneğin, ses yayıldığı sırada bir engelle karşılaşır, ondan geri dönüş yapabilir ve bu arada onunun düşüş açısı ve dönüş açısı eşit olabilir. Ayrıca, giriş ve dönüş dalganın yönleri, alanla dik açıda olan aynı bir yüzeyde yatıyorlar. Diğer dalgasal hareketlerde olduğu gibi, sesin yayılması sırasında da *yansıma* (geri dönme), *soğurulma* (emmek), *kırınım* (kırılma), *kırılma* (yön kırma), duran dalgalar durumu ve diğer durumlar meydana geliyor. Bu olayların sesin yayılmasında olduğu gibi, açık ve kapalı alanların seslendirilmesinde büyük etkilerinden dolayı, onları daha detaylı inceleyeceğiz.

**Yansıma ve soğurulma.** Ses dalgası bir engelle karşılaşınca, bir bölümü engelden geri dönüyor, bir bölümü ise engelden geçiyor. Enerji koruma kuralına göre, direkt dalganın enerjisi ( $W_d$ ), yansıyan dalganın enerjisi ( $W_r$ ) ve engelden geçen dalganın ( $W_a$ ) enerjisinin toplamına eşittir. Kullanılan endekslerin sembolik anlamları vardır: d-direkt dalga, r-yansıyan dalga (reflection) ve a-soğurulan dalga (absorbtion).

$$W_d = W_r + W_a \dots\dots\dots(1-9)$$

Bu ilişkide tüm üyeler engelin alanıyla (S) bölünürse, o zaman ses şiddetliği için denklem elde edilmiş olacak:

$$J_d = J_r + J_a \dots\dots\dots(1-10)$$

Pratikte, sesin yansıması ve soğurulmasıyla ilgili malzeme için önemli verileri olan yansıma ve soğurulma katsayıları, şu şekilde tanımlanıyor:

$$\text{Yansıma katsayısı } r = \frac{J_r}{J_d} \dots\dots\dots(1-11)$$

$$\text{Soğurulma katsayısı } \alpha = \frac{J_a}{J_d}$$

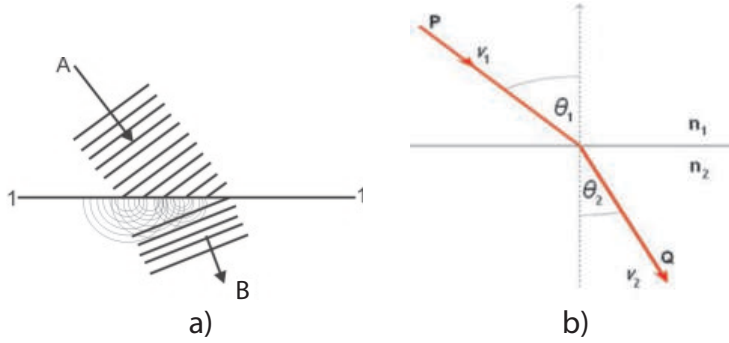
Şiddeter denkleminde (1-10),  $J_r = r \cdot J_d$  ve  $J_a = \alpha \cdot J_d$  ifadeleri kullanılırsa, o zaman katsayılar arasında önemli ilişki elde ediliyor:

$$r + \alpha = 1 \dots \dots \dots (1-12)$$

Engel katı ve elastik olmadığı (sert durumu olunca) halde, soğurma yoktur,  $\alpha=0$ , yansıma katsayısı ise  $r=1$ . O halde *tam yansıma* meydana geliyor ve dalga tamamiyle geri dönüyor. Buna uygun olarak, bir malzeme sesi tamamen emerse, o zaman  $\alpha=1$  olacak ve tam soğurulma durumu olacak.

Alanın geometrisi, sesin kaynak yerine dönmesine yol açacak şekildeyse, o zaman **yankı** olarak bilinen olay meydana geliyor.

**Kırılma.** Bu olay, sesin farklı yayılma hızı olan iki ortam arasındaki sınır alanında meydana geliyor. Kırılma ya da yön kırma olayının sonucu olarak, dalganın bir ortamdan başka ortama geçtiği zaman, Res.1-5-a'da görüldüğü gibi hızın değişmesiyle beraber yayılma yönünün de değişmesi meydana geliyor.



Res. 1-5. Ses dalgasının kırılması: a) sınır alanı; b) kırılma açıları

Giriş açısı ve kırılma açısı Res.1-5-b'de verilmiştir ve aşağıdaki denklemlerle bağlıdır:

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad n_1 \cdot \sin \theta_1 = n_2 \cdot \sin \theta_2 \dots \dots \dots (1-13)$$

Yukarıdaki ifadede  $\vartheta_1$  ve  $\vartheta_2$  dalğanın iki ortamdaki hızıdır,  $n_1$  ve  $n_2$  ise onlara uygun kırılma endeksleridir. Dalga havasız ortamdan başka bir ortama, örneğin su, hava, cam ve başka ortama geçtiği zaman hız azalıyor. Bu sürece kırılma yada geri dönme süreci denir. Hızın azalması doğrudan malzemenin yoğunluğuna bağlıdır. Bu ilişkiye kırılma endeksi denir ve şu şekilde tanımlanır:

$$n = \frac{c}{g} \dots\dots\dots(1-14)$$

Boşluk alanı sözkonusu olunca  $n=1$  yada başka bir mazlemede  $n>1$ .

Dalga hava boşluğundan malzemeye geçince, dalga frekansı aynı kalıyor, ancak dalga uzunluğu değişiyor.

Daha uzak noktalarda, kırılma olayı meydana gelmesi varolmayan ses de geliyor. Böylece, o yerde sesin toplam gücü doğrudan yayılan ve kırılan dalğanın toplamıdır. Kırılma sonucu olarak, sabah vaktinde sesin gün ortasına kıyasen daha uzaktan işitilmesidir. Sabah toprak üstündeki hava, daha yüksek tabakalardaki havadan daha soğuktur ve ses daha yavaş yayılıyor, bu da yayılma yönünün kırılmasına yol açıyor.

**Kırınım (kıvrılma).** *Ses dalgalarının karşılaştıkları engel etrafında kırındıkları (kıvrıldıkları) olayıdır.* Dalğanın dalga uzunluğu, engelin boyutlarından çok daha büyükse, o zaman dalga engelin etrafından kolayca geçiyor ve böylece ses engeli ardından olduğu gibi, engelin önceki gücüne de sahiptir. Daha düşük dalga uzunlukar (daha yüksek frekanslar) sırasında kırınım (kıvrılma) daha azdır, engel “ses gölgesi” yaratıyor ve böylece sesin gücü engelin ardından daha azdır. Sesin yayılması sırasında ortamın yoğunluğundan dolayı enerji kaybı da oluyor, sesin yayıldığı malzemelerin molekülleri arasında rezonans olayları ve bunun sonucu olarak sesin zayıflaması meydana geliyor. Havada bu zayıflama çok küçüktür ve sadece 100 metreden daha uzun mesafelerde ve 1000Hz'ten daha yüksek frekanslar sırasında göz önüne alınmalıdır.

**Dopler efekti.** Sesin kaynaktan dinleyiciye doğru yada ters yönde sesin dinleyiciden kaynağa doğru hareket ederken, frekansı değişiyor gibi görünmesi olayıdır. Hergünkü hayata, bunun en iyi örneği iki trenin birbirlerinin yanından geçmeleridir.

## 1.4. SESİN FİZYOLOJİK ÖZELLİKLERİ

İnsanın tüm hisleri, insanın da bir bölümü olduğu etraftaki dünya hakkında öznel resim yaratmaya yardım ediyor. Bu öznel resim, nesnel dünyanın sonucu olarak meydana geliyor, ancak ölçme enstümanların duygu “olumsuzluktan” dolayı, bu resim enstümanların verdiği resimle aynı değildir.

İnsan iki kulağıyla işitiyor ve sesin dört temel özelliğini ayırt edebiliyor: *yükseklik, güç, renk* ve sesin geldiği yön.

**Ses yüksekliği.** Ses yüksekliği sesin frekansıya, yani karmaşık sesin temel harmoniğın frekansıya belirleniyor. Daha düşük frekans *daha alçak ses* hissi veriyor, daha yüksek frekans ise *daha yüksek ses* hissi veriyor.

Ses yüksekliği hakkında yapılan araştırmalara göre insan kulağı “logaritmik” olarak işittiğini gösteriyor, yani ses yüksekliğinin aynı değer için artmasına (öznel kriterlerine göre), frekansın aynı değer için (herz olarak) değil, aynı yüzde için frekansın yükselmesi uyuyor. Başka sözlerle, sesin yüksekliği frekansın logaritmasıyla orantılı olduğu kanunu geçerlidir.

$$\text{Ses yüksekliği} \sim \log f \dots\dots\dots (1-15)$$

Kulağın, ortamda frekansın 1kHz değişikliklerine farklı hassasiyeti var. İnsan kulağının, frekansın sadece 2Hz değiştiğini fark etme olanağı var, ancak daha alçak ve daha yüksek frekanslarda bu hassasiyet daha az oluyor.

**Ses gücü.** *Sesin gücü, ses şiddeti için başka bir isimdir.* Sesin gücü, ses basıncından orantılı şekilde bağlıdır. Ses gücünün azalmasıyla, kulağın artık duyamadığı sınıra geliniyor. Bu sınır değerine **kulağın işitme sınırı** denir.

*Kulağın zarar görmeden işitebildiği ses gücünün üst sınırı ağrı sınırı* olarak adlandırılıyor. Ağrı sınırı ve işitme sınırı **kulağın dinamik kapsamını** belirliyor.

İşitme sınırı frekansa bağlıdır. İnsanın 1.000Hz için işitebildiği en zayıf sesin basıncı  $p_0=2 \cdot 10^{-15}$  Pa değerindedir, basıncın bu değeri de  $J_0 = 2 \cdot 10^{-12} \text{ W/m}^2$  ses şiddetine uygundur.

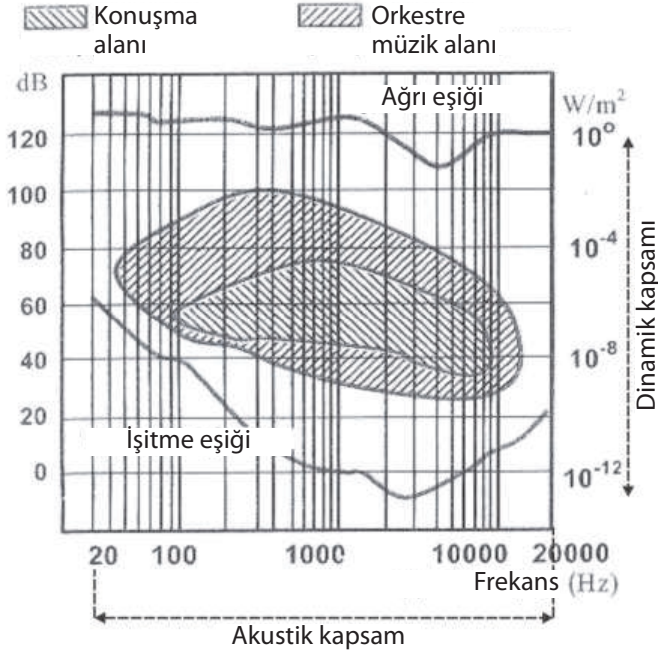
En zayıf sesin gücü  $P = J_0 \cdot S = 3 \cdot 10^{-17} \text{ W}$  değerindedir. Verilen ifadede  $S$  işitme kanalının kesit yüzölçümüdür.

*İnfrases ile ultrases arasındaki kapsama **akustik kapsam** denir.* Dinamik ve akustik kapsam **işitme alanını** oluşturuyor.

Res.1-6'da görüldüğü gibi ses kuvveti desibel (dB) ile ifade ediliyor. Bu arada, 1.000Hz için işitme eşiği 0dB'di, ağrı sınırı ise 120dB'dir. Desibel, ses kuvveti için nesnel birim olarak, sadece referans şiddet ( $J_0$  kuvveti) ile daha kolay kıyaslama yapmak için kullanılmıyor. Ses yüksekliği için öznel değerlendirme sırasında geçerli olan logaritmik kanun, ses kuvveti duyusu sırasında da geçerli olan tümel bir özelliktir. Bundan dolayı, ses kuvveti için fiziksel uyarılmanın logaritmasıyla orantılıdır. Örneğin, basınçla orantılıdır.

$$\text{Ses kuvveti} \sim \log p \dots \dots \dots (1-16)$$

İşitme alanı ve konuşma ile müzik alanı Res.1-6'da tanımlanmıştır. Resimdeki tüm grafik, logaritmik oranında verilmiştir.



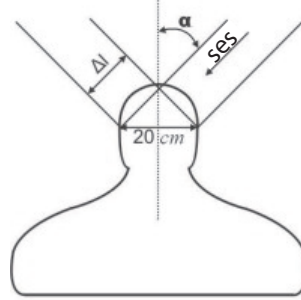
Res. 1-6. İşitme alanı ve konuşma ile müzik alanı

**Ses rengini** harmoniklerin sayısı ve amplitüdü belirliyor. Farklı enstrümanlar aynı ses üretebilir, ancak o sesler farklı amplitüdü ve farklı sayıda harmonikler içeriyorlar. Bundan dolayı, farklı enstrümanlardan sesler arasında renk farkı vardır.

**Yön duyası.** İnsan kulağının önemli özelliklerinden biri ses dalgasının gidişatını ve yönünü belirleyen histir. Bu özellik insanın her iki kullakla işitmesinden dolayı meydana geliyor. Öyle ki bir kulaktan ve diğer kulaktan algılanan sinyaller arasında meydana gelen farklar neticesi, işitme merkezinde sesin geldiği yön belirtilebiliyor.

İki kulak arasında algılanan sinyaller arasında: *şiddet farkı ve zaman uyarılmasında fark olabilir.* Res.1-7'de dinleyici ve iki kulak eksenin dikeyine göre belli bir açı altında bulunan ses kaynağı tanımlanmıştır.

Böyle durumda iki kulağa gelen ses, farklı yollardan geçiyor. İki yol uzunluğu arasında fark  $\Delta l$ 'dir. Farklı yol uzunluklarından dolayı, kulakların algıladığı sesler arasında faz farkı meydana geliyor.



Res. 1-7. Sol ve sağ kulağın uyarılmasında zaman farkının oluşması

Ayrıca, iki kulak arasında algılanan sesin şiddeti de farklıdır. Yol uzunluklarının farkı  $\Delta l$  küçüktür. Alçak frekanslı (büyük dalga uzunluğu) sesler geçirilirse, o zaman kulaklara varan dalgalar arasında faz farkı küçüktür ve insan sesin geldiği yönü anlayamıyor. Daha yüksek frekanslarda, özellikle üç kilohertz civarında olan frekanslarda, belirsizlik alanı meydana geliyor, çünkü sesler arasında faz farkı  $360^\circ$  civarındadır ve onların fazda oldukları anlamındadır. Yüksek frekanslarda sesin geldiği yön kesin olarak belirlenebiliyor, çünkü bu durumda faz farkı büyüktür. Daha

yüksek frekanslarda, ses kaynağından daha uzak olan kulak “ses gölgesinde” bulunuyor ve bundan dolayı ses şiddetliği azalıyor.

İnsan, sesin hangi yönden geldiğini belirleme olanağı, yani alansal işitme olanağı, stereofoninin gelişmesi için temel tanımlıyor.

## 1.5. ELEKTRO AKUSTİK DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

Sesin uzakta aktarılması, ölçülmesi ve kaydedilmesi gerekirse, uygun şekilde, genelde elektrik sinyallere dönüştürülmesi gerekiyor. Sinyallerin dönüştürülmesi akustik enerjiyi elektrik enerjiye dönüştüren ve elektrik enerjiyi akustik enerjiye dönüştüren cihazlarla gerçekleşiyor. Şu cihazlar elektro-akustik dönüştürücüleridir: **mikrofonlar, hoparlörler ve kulaklıklar.**

*Elektro-akustik dönüştürücülerin özelliği, ses enerjisini doğrudan elektrik enerjiye dönüştürmemesidir, yani ses enerjisi önce mekanik enerjiye dönüştürülüyor. Aynı özellik elektrik enerjisinin ses enerjiye dönüştürülmesi sırasında geçerlidir. Mikrofonlarda ses enerjisi önce mekanik enerjiye dönüştürülüyor, ondan sonra ise elektrik enerjiye dönüştürülüyor. Hoparlörlerde ise dönüştürme ters yönde gerçekleşiyor.*

Tüm elektro-akustik dönüştürücüler **analogtur**. Onlarda, enerjilerin bir türden başka türe dönüştürülmesi sırasında, sinyalin dalgalı şekli değişmeden kalıyor. Demek ki, orjinal sinyalin zamanlama şekli, sinyalin dönüştürülmesinden sonra da korunuyor.

## 1.6. MİKROFONLAR

Mikrofonlar *sesin elektrik sinyallere dönüştürülmesine yardım eden elektro-akustik dönüştürücülerdir*. Bu dönüştürme analogtur: mikrofonun çıkış bağlantılarındaki gerilimin ve bu gerilimin elde edilmesini etkileyen sesle aynı şekli var. Mikrofonların temel özellikleri şunlardır: *hassasiyet, etkinlik (verimlilik), frekans özelliği, yönlendirme özelliği, dinamik kapsamı ve empedans.*

Kitaplarda ve modellerde kullanılan mikrofon sembolü şöyledir:





Kesik çizgi mikrofonun eksenini gösteriyor.

**Hassasiyet** yada **dönüşüm faktörü** ( $s$ ) mikrofon bağlantılarındaki elektromotor kuvveti ( $E$ ) ve mikrofonun bulunduğu yerin ses basıncı ( $p$ ) arasında ilişki olarak tanımlanıyor.

$$s = \frac{E}{p} \left[ \frac{V}{Pa} \right] \dots\dots\dots (1-17)$$

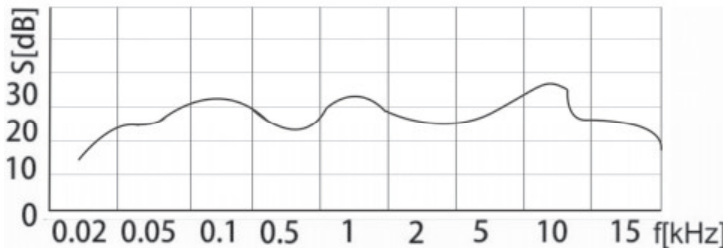
Bazen hassasiyet desibellerle ifade ediliyor ve böyle durumda hassasiyeti  $p=1Pa$  basıncı altında  $E=1V$  elektromotor kuvveti veren bazı hayali standart mikrofonla kıyaslıyoruz ve o sırada hassasiyet şöyle hesaplanacak:

$$s[\text{dB}] = 20 \log \frac{E}{p} \dots\dots\dots (1-18)$$

Hassasiyet için tipik değerler birkaç onluk ( $mV/Pa$ )'dır, yada 30dB civarındadır,

**Etkinlik (verimlilik)**. Elektrik bakış açısından, mikrofon sıradaki derecede belli bir güç veren üreticidir (kaynaktır). Bu güç ne kadar büyükse, mikrofon da okadar etkilidir. Burada da mikrofon standart mikrofonla kıyaslanıyor. *Standart mikrofon, 1Pa ses basıncı altında, tüketiciye 1W güç veren hayali bir mikrofondur.*

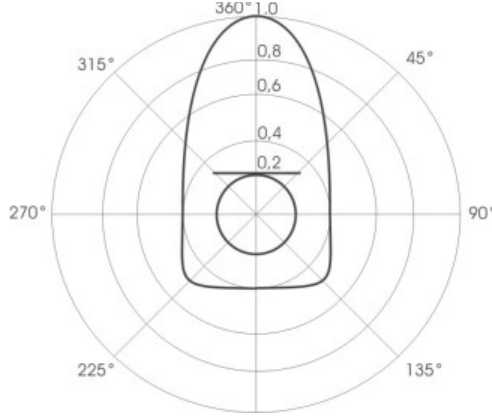
**Frekans özelliği**. Frekans özelliği *hassasiyet (dB ile ifade edilmiş) ve frekans arasındaki bağımlılığın grafiksel görünümüdür.*



Res. 1-8. Mikrofonun frekans özelliği

Kusursuz özellik, tüm frekanslar için sabit hassasiyet, onun grafiksel görünümü ise doğru sabit çizgi olma özelliği olur.

Bu koşul geniş frekans kapsamı için geçerli olabilir, ancak en yüksek ve en düşük frekanslar için bariz düşüş yaşanacak. En yüksek ve en düşük frekanslar ise dönüştürücünün çalışma alanının sonlarıdır. Kusursuz ve gerçek frekans özellikleri Res.1-8'de gösterilmiştir.

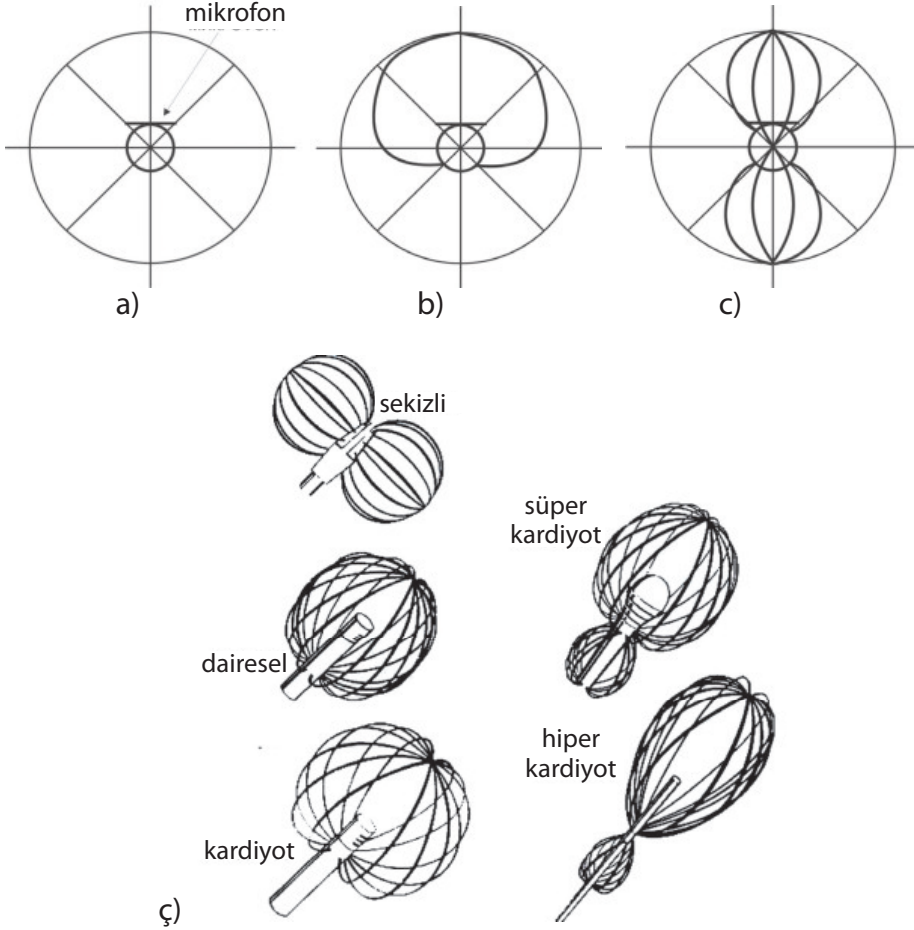


Res. 1-9. Mikrofonun yönlendirme özelliği

Frekans özelliğinden mikrofonun frekans kapsamının genişliğinin belirlenebileceği görünüyor. Gerçek frekans özelliği frekansın değişmesiyle 30dB civarında değişiyor.

**Yönlendirme özelliği.** Mikrofonun bağlantılarındaki gerilimin büyüklüğü, diğerleri arasında, ses dalgasının mikrofon diyaframına düştüğü açıdan da bağlıdır. Ses dalgasının 90°derecelik açıda düştüğü zaman, yani mikrofon eksenini sesin yayılma yönüyle çakıştığı zaman gerilim en yüksektir. Mikrofonun yönlendirme özelliği (Res.1-9)'da verilmiştir. Birkaç yönlendirme özelliği olabilir. Bu özellikler mikrofon gövdesinin yapısına ve mikrofonun algıladığı ses sinyalin frekansına bağlıdır. Üç tipik yönlendirme özelliği vardır-Res.1-10; dairesel (Res.1-10-a), kalp şekli (Res.1-10-b) ve çift dairesel ya da sekiz sayısının şekli (Res.1-10-c).

Mikrofonun aldığı ses sinyalin frekansına bağlı olarak, frekansın yükselmesiyle, yönlendirmenin de mikrofon eksenine doğru yükseldiğini vurgulayalım. Mikrofonun farklı yönlendirme özelliklerinin alansal görünümü (Res. 1-10-ç)'de verilmiştir.



Res. 1-10. Tipik yönlendirme özellikleri: a) dairesel; b) kalb şekilli; c) çift dairesel yada sekizli; ç) alan görünüm

**Dinamik kapsamı.** Mikrofondan kaydedebilen ve biçim bozukluğu yaratılmadan aktarılabilen en kuvvetli ve en zayıf ses arasında ilişkidir.

**Mikrofonların empedansı bağlantıları arasındaki elektrik empedansıdır.** Büyüklüğü omlar sıralarından (bantlı elektrodinamik mikrofonlarda) birkaç yüz kilooma kadar olabilir (kondanse mikrofonlarda). Empedans değerine göre mikrofonlar alçak omlu ve yüksek omlu olarak ayrılıyor. Alçak omlu mikrofonlarda en sıkça rastlanabilen değer  $200\Omega$ 'dur, yüksek omlu mikrofonlarda ise  $50k\Omega$ 'dur. Alçak omlu mikrofonların daha

düşük hassasiyetleri var ve onlarda daha uzun kablolar (yüz metreye kadar) kullanılabilir, yüksek omli mikrofonlarda ise mikrofon empedansında gerilimin düşüşünden dolayı kablo kısadır. Mikrofonun empedansı çok önemli veridir ve kuvvetlendirici yada bağlanma hattının doğru bağlanması için önemli rolü vardır. Bağlanma sırasında dönüştürücüden (mikrofondan) maksimum yararlı enerjinin çıkarılmasının sağlanması için *güçlerin uyumlaşması* yapılmalıdır. Bunun pratikte mikrofonun iç empedansın ve harcıyıcının (kuvvetlendirici yada bağlanma hatının) empedansı arasında eşitlik sağlanması gerektiği anlamına geliyor. Pratikte bu durum uygun transformatör (dönüştürücü) kullanarak gerçekleşiyor.

Güçlerin uyumlaşması her zaman ön planda değil çünkü sıkça aktarımın kalitesi daha önemlidir. Şöyle ki, mikrofonun ve kuvvetlendiricinin empedanslarının reaktif bileşenleri olduğu zaman, mikrofonun çıkış bağlantılarındaki gerilim, güçlerin uyumlaşması durumunda, büyük ölçüde frekansa bağlıdır. Bu durum özellikle mikrofonun iç empedansı için geçerlidir. Bunu önlemek için, iletim kalitesinin korunması amacıyla üst uyumlaşma gerçekleşiyor. Üst uyumlaşma mikrofonun empedansından, çok daha yüksek (on kat daha yüksek) empedansı olan harcıyıcının kullanılmasıyla gerçekleşiyor. Bu şekilde frekanstan bağımlılık azalıyor ve iletim kalitesi artıyor.

## 1.7. MİKROFONLARIN AYRIMI

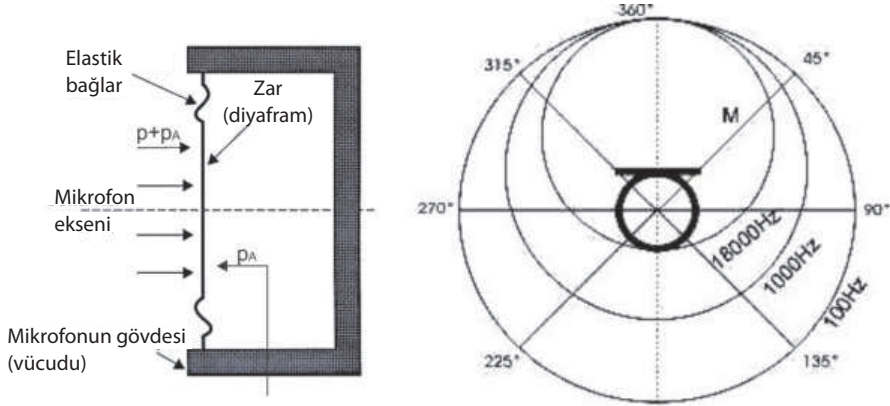
Mikrofonların iki ayrımı yapılıyor: Gövdenin yapımı ve yönlendirme özelliğine göre yapılan *akustik ayrımı* ve akustik enerjinin önce mekanik enerjiye ve ondan elektrik enerjiye dönüştürme şekline göre yapılan *elektrik ayrımı*.

### 1.7.1. Akustik Ayırım

Akustik ayrımına göre, üç çeşit mikrofon vardır: *basınçlı mikrofonlar*, *iki yönlü ve kombine (birleşik) mikrofonlar*.

**Basınçlı mikrofonlar.** *Basınçlı mikrofonlar sesin, diyaframın sadece bir tarafını etkileyecek şekilde yapıldırlar.* Bu mikrofonların yönlendirme özelliği *daireseldir*.

Basınçlı mikrofon ve onun yönlendirme özelliği Res.1-11'de verilmiştir. Mikrofonun diyaframı elastik şekilde mikrofonun gövdesine veya vücuduna bağlıdır. Diyaframın dış tarafını ses basıncı ( $p$ ) ve atmosfer basıncı ( $p_A$ ) etkiliyor. İç taraftan sadece gövdede ufak bir delikten giren atmosfer basıncı etkiliyor. Dış taraftan ve iç taraftan atmosfer basınçları birbirini eliyor ve diyaframa etkilemiyor.



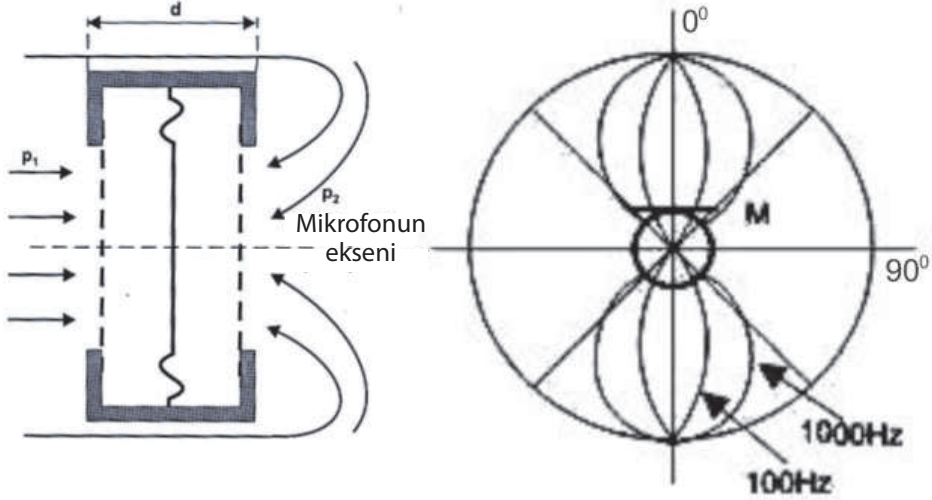
Res. 1-11. Basınçlı mikrofon ve onun yönlendirme özelliği

Res.1-11'deki grafikten yönlendirme özelliğinin sadece alçak frekanslar için dairesel şekli olduğunu görüyoruz. Daha yüksek frekanslarda, kırınımından dolayı, diyafram gövdesinin ses gölgesinde giderek fazla olduğu için yönlendirme özelliği değişiyor. Bu durum, mikrofon gövdesi büyük boyutlarda olunca daha da öne çıkıyor.

Tüm mikrofonlar, basınçlı mikrofon gibi çalışacak şekilde yapılabilir. Ancak, makaralı elektrodinamik mikrofon sıkça bu şekilde yapılıyor, çünkü bu tür mikrofonda sesin diyaframın arka tarafa getirilmesi çok zordur ve onun için mknatısın delinmesi gerekiyor.

**Gradyant (çift yönlü)** mikrofon, *ses diyaframını iki taraftan etkileyebilecek şekilde yapıldır*. Böyle bir mikrofonun taslağı ve özelliği Res.1-12'de verilmiştir. Çift yönlü mikrofonlarda da iki taraftan atmosfer basınçları birbirini eliyor, ve diyaframın oynaması sadece  $p_1$  ve  $p_2$  basınçların farkına bağlıdır ( $p_1 - p_2$ ).  $p_1$  ve  $p_2$  basınçların amplitüdüleri aynıdır, ancak aralarındaki

fark sifira eşit değil çünkü, ses kaynağından zarın iki tarafına sesin geçtiği yolun uzunluğu farklı olduğundan dolayı, onlar fazda bulunmuyor.

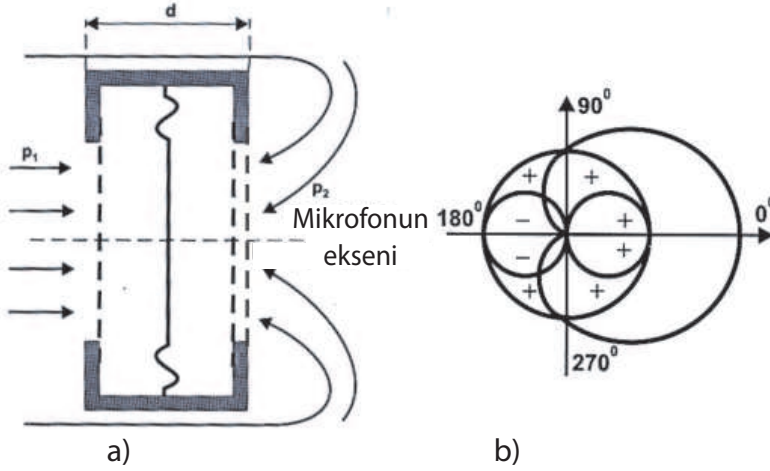


Res. 1-12. Gradyant mikrofonu ve onun özelliği

Basınçlar arasında en büyük fark, yani mikrofonun bağlantılarında en büyük gerilim, ses kaynağının mikrofon ekseninde, bir ya da diğer tarafta bulunduğu zaman vardır. O zaman, basınçlardan elde edilen gerilimler zıt fazdadırlar. Ses dalgası mikrofon eksenine dik olarak gelince,  $p_1$  ve  $p_2$  basınçların arasında faz farkı sifira eşittir, ve bu arada diyafram oynamıyor ve gerilim sifira eşittir. Yönlendirme özelliğinin çift sekizli şekli vardır ve daha yüksek frekanslarda fazla yönlenebilir (Res.1-12-b).

**Kombine mikrofonlar** yukardaki mikrofonların birleşmesiyle elde ediliyorlar. Kombine mikrofonlar, *basınçlı mikrofonun ve çift yönlü mikrofonun sıralı bağlanmasıyla* gerçekleşiyor. Yönlendirme özelliği yukardaki iki özelliğın toplanmasıyla elde ediliyor. Kombine mikrofonun yapımı ve onun özelliği (Res.1-13)'te verilmiştir.

Bu mikrofonlarda, sağ taraftan gelen ses  $p_2$  zayıflanmıştır ve onun için diyaframın iki tarafındaki basınçlar fazlara ve amplitüde göre farklıdır, yani  $p_1 > p_2$ .



Res. 1-13. Kombine mikrofon ve onun yönlendirme özelliği

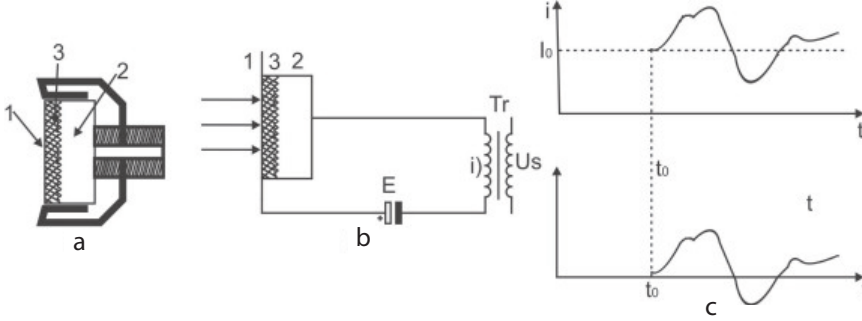
Yönlendirme özelliği 1 ve 2 özelliklerin toplanmasıyla elde ediliyor, toplam özellik (3) kalp şeklindedir (kardiyot) ve (Res.1-13-b)'de verilmiştir.

### 1.7.2. Mikrofonların Elektrik Ayrımı

Mikrofonların elektrik ayrımı\ diyaframda mekanik titreşimlerin elektrik sinyaline dönüştüğü şekline göre yapılıyor. Diyafram her mikrofonun temel parçasıdır. Diyafram mikrofonun gövdesine elastik şekilde bağlıdır. Değişken ses basıncının etkisi altında diyafram titreştiriliyor ve bu sırada ses enerjisi elektromotor kuvvetine dönüşüyor. Enerjilerin dönüştükleri şekline göre, birkaç mikrofon türü vardır: *karbonlu*, *elektrodinamik*, *kondansatörlü* ve *kristal mikrofonlar*.

**Karbonlu mikrofonlar.** Karbonlu mikrofonlar tasarlanan ve kullanılan ilk mikrofonlardır. Res.1-14'te bu tür mikrofonun kesiti, elektrik bağları ve elektrik sinyallerin grafikleri verilmiştir. Elastik diyafram (1) ve sabit karbon tabakası (2) arasında ufacık karbon tanecikleri (3) vardır. Bu şekilde oluşmuş rezistör (direnc ögesi), 4 ile 12V'luk arası pil aracılığıyla iletim oranı 1:20 ile 1:100 arası olan transformatör ile bağlanıyor. Bu rezistöre, pil ve transformatör bir gövdede yerleşiyor ve bu şekilde *karbonlu mikrofon* elde ediliyor.

Karbonlu mikrofonun kesiti (Res.1-14-1)'de verilmiştir, mikrofonun gövdesindeki elektrik bağlar ise (Res.1-14-b)'de gösterilmiştir.



Res. 1-14. Karbonlu mikrofon

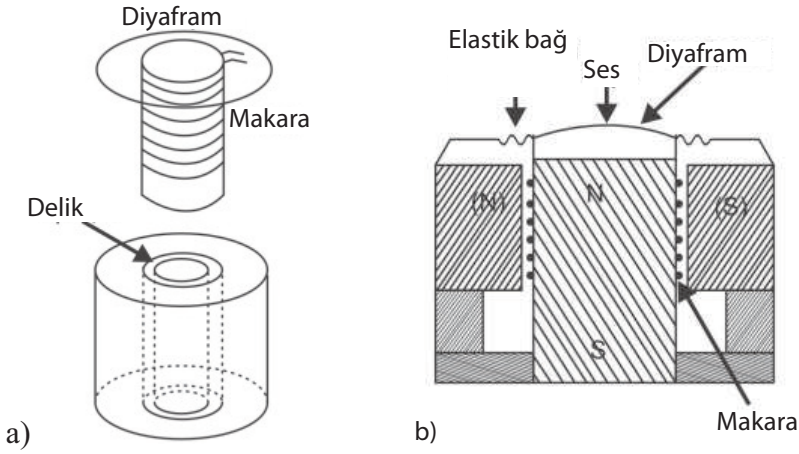
*Karbonlu mikrofonlar dirençliğin değişim prensibiyle çalışırlar. Ses basıncının etkisiyle, diyafram oynuyor, aynı ritimde karbonlu tanecikler üzerine basınç değişiyor. Bununla tanecikler arasında elektrik dirençliği de değişiyor. (Res.1-14-b)'deki devreden, ses basıncı olmayınca o zaman dirençte de değişiklik olmadığı görünüyor, yani akan ceryan sabittir ( $I_0$ ) ve transformatör çıkışında  $u_s$  çıkış sinyali vermeyecek. Diyaframa ses basıncı etkilediği zaman, karbon taneciklerin dirençliğinde değişme meydana geliyor. Bununla beraber mikrofonun devresinde değişken ceryan meydana geliyor ve transformatörde  $u_s$  çıkış sinyali elde ediliyor.  $u_s$  çıkış sinyali akustik basıncının değişme ritmiyle değişiyor. Karbonlu mikrofonların sinyallerindeki değişimlerin grafikleri (Res.1-14-c)'de verilmiştir. Bu grafiklerden, akustik basıncının diyaframa etkisi başladığı zaman, devreden  $i$  değişken ceryanın aktığı ve transformatörün çıkışında değişken  $u_s$  gerilimin meydana geldiği görülüyor.*

Karbonlu mikrofonların kullanımını da belirleyen özellikler şunlardır: orta frekanslarda iyi hassasiyet, aynı kapsamda sabit frekans özelliği, dairesel yönlendirme özelliği, birkaç onluktan birkaç yüze kadar değişen çıkış direnci. Rezistör, pil ve transformatör bir gövdede yerleşmiş ise hassasiyet artıyor. Bu mikrofonların yapısı, onların yapımının basınçlı mikrofonlar türünden olmasına, yani ön taraftan açık olmalarına izin veriyor. Bu mikrofonların harcaycıya verdikleri elektrik güç 1mW değerindedir.



Yukarıda sayılmış özelliklerden dolayı, bu mikrofonlar telefonlarda konuşma iletimi için geniş çapta kullanılıyormuş. Bugün, özelliklerinden ve yüksek fiyatlarından dolayı, bu mikrofonlar elektrodinamik mikrofonlarla değiştiriliyor.

**Elektrodinamik mikrofonlar** güçlü manyetik alanında hareket eden iletkende elektromotor kuvvetinin endükleme prensibiyle çalışıyorlar. Endüklenen elektromotor kuvveti manyetik endüksiyonla ( $B$ ), iletkenin uzunluğuyla ( $l$ ) ve iletkenin alanda hareket etme hızıyla ( $v$ ) orantılıdır. Makaralı elektrodinamik mikrofonların ana parçaları Res.1-15'te gösterilmiştir.



Res. 1-15. Elektro dinamik mikrofon: a) Yapısal sunuş; b) Kesit

Dar hava deliğinde kuvvetli manyetik alanı var ve o alanda diyaframa bağlı olan iletken hareket ediyor. Manyetik alan çizgilerinin yönü iletkenle dik açıdadır. Sesin etkisi altında diyafram hareket ediyor, onunla beraber de elektromotor kuvvetinin endüklediği iletken de hareket ediyor:

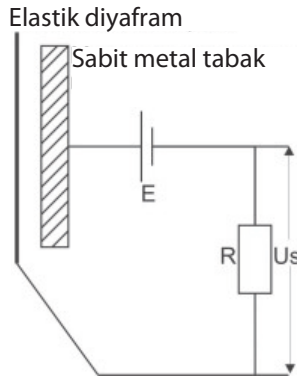
$$E = B \cdot l \cdot v \dots\dots\dots(1-19)$$

Elektrodinamik mikrofonların şu özellikleri vardır: 1mV/Pa civarında mikrofon hassasiyeti; empedansı 100Q değerinde temiz omluk büyüklüğüdür. Diğer tipik değerler 50Ω ve 200Ω'dur. Mikrofonun bağlandığı kuvvet-

lendiricinin giriş direnci daha büyük olduğu için, mikrofonla beraber gövdede yerleşmiş olan uyum sağlayan transformatör kullanılıyor. Bu şekilde tasarlanmış dinamik mikrofonun hassasiyeti 50mV/Pa'dır. Onun 30Hz'ten 15kHz'e kadar kapsamında sabit frekans özelliği, 120dB'e kadar geniş dinamik kapsamı, ufak şekil değişimleri vardır ve darbelere ve atmosfer değişikliklere duyarsızdır.

Tüm bu özellikler, elektrodinamik mikrofonların hergünlük kullanımı için ucuz cihazlarda, ancak aynı zamanda profesyonel ve stüdyo çekimleri için kullanılmasını sağlıyor.

**Kapasitörlü mikrofonlar.** *Bu tür mikrofonlar kapasitenin değişim prensibiyle çalışıyorlar. Kapasitörlü (Kondansatörlü) mikrofonun elektrik modeli Res.1-16'da verilmiştir.*



Res. 1-16. Kapasitörlü mikrofonların elektrik modeli

İncecik, metal elastik diyafram kapasitörün tabaklarından birini tanımlıyor. Ona yakın mesafede büyük sabit tabak bulunuyor. Bu iki tabak, yüz pikofarad civarında değeri olan C kapasiteli elektrik kapasitör oluşturuyor. Kapasitör 100V'luk pile (E) bağlanıyor. Diyaframa ses gelince, hareket etmeye başlıyor. Diyafram sabit tabakaya yaklaşıyorsa, o zaman kapasite yükseliyor, eğer sabit metal tabakadan uzaklaşırsa o zaman kapasite azalıyor. O sırada, kondansatör değişimli olarak dolup boşanıyor, elektrik miktarı Q ise sesin ritmiyle değişiyor.

$$Q = C \cdot E \dots \dots \dots (1-20)$$

E kaynağın gerilimidir.

Doldurma ve boşalmanın elektrik akımı R rezistöründen geçiyor ve onda  $u_s$  değişken gerilim oluşturuyor. Bu gerilimin frekansa bağlı olmaması için, şu koşulu yerine getirilmesi gerekiyor:

$$R \gg \frac{1}{\omega C}, \quad \text{ku} \quad \omega = 2\pi \cdot f \quad \dots\dots\dots(1-21)$$

Demek ki, R direnci kondansatörün empedansından çok daha büyük olmalıdır. Kondansatörün kapasitesi birkaç yüz pikofarad sırasından olduğunu göz önüne alarak, R direncinin onlarca hata yüzlerce megaom değerinde olmalıdır. Bu kadar büyük çıkış rezistansla (dirençle), kondansatörlü mikrofon sıradaki dereceleyle bağlanamaz. Elektrodinamik mikrofonlarda uyum sağlamak için kullanılan transformatör, kondansatörlü mikrofonlarda kullanılamaz. Sıradaki dereceleyle bağlanmak büyük giriş rezistansı olan kuvvetlendirici aracılığıyla gerçekleşiyor. Mikrofon ve kuvvetlendirici arasında uzun kablolar bağlanmamalıdır, çünkü rezistörle paralel bağlı olan 100pF/m değerindeki kapasitesileri çıkış gerilimin azalmasına yol açacak. Örneğin, sadece bir metre uzunluğunda kablo çıkış gerilimin değerini yarısı için azaltıyor. Onun için, kondansatörlü mikrofonların gövdelerinde, kuvvetlendirici derece de yerleşiyor. Kuvvetlendirici derecenin ana işlevi mikrofonun büyük olan çıkış rezistansını 50 ile 200Ω arasına azaltmasıdır. Böylece mikrofonun uzun kablolarla bağlanması mümkün olacak.

Yukarıda verilen açıklamalardan hareketle, böyle bir mikrofonun yapılması için değişik çözümler ortaya çıkıyor. Demek ki, *kondansatör tabakaları, pil ve kuvvetlendirici aynı gövdede yerleşecek*. Bu mikrofonların gövdesi, akustik ayırma göre üç farklı şekilde gerçekleşebilir. Kondansatör mikrofonların boyutları küçüktür. Onların özellikleri şunlardır: 30mV/Pa değerine kadar hassasiyet, tüm işitme frekans kapsamı için sabit frekans özelliği, iyi mekanik dayanıklılığı, atmosfer değişikliklere duyarlı değil, çıkış dirençliği birkaç yüz om sırasındandır, yönlendirme özelliği ise dairesel, sekiz yada kalp şeklinde olabilir.



şimler bimorf hücrelerine taşınıyor. Kenarlarda sürekli olarak değişen elektrikleştirme E rezistörüne  $u_s$  değişen gerilim veriyor.

Kondansatörlü mikrofonlarda olduğu gibi, Kristal mikrofonlarda da elektromotor kuvveti elektrik miktarı Q ve iki elektrod'tan (metal tabakalardan) oluşan ve kristalin dielektrik olarak kullanılan C kondansatörün kapasitesinin bağımlılığı olarak elde ediliyor:

Değişken çıkış gerilimin frekanstan bağılı olmaması için, kristal mikro-

$$E = \frac{Q}{C} \dots\dots\dots(1-22)$$

fonlarda şu koşulun geçerli olması gerekiyor:

Kondansatörlü mikrofonlardan farklı olarak, kristal mikrofonlarda ka-

$$R \gg \frac{1}{\omega C}, \quad ku \quad \omega = 2\pi \cdot f \dots\dots\dots(1-23)$$

pasite daha büyüktür (yaklaşık 1.00pF), buna göre R rezistörü de daha küçük olabilir (yaklaşık 1 MΩ). Demek ki, kuvvetlendirici mikrofonun gövdesinde bulunması gerekmiyor.

Kristal mikrofonlarda hassasiyet nispeten büyüktür (birkaç mV/Pa sınırlarından). Kristal mikrofonların avantajları şunlardır: pilleri yoktur, mıknatısları yoktur, onlara takılmış kuvvanledicileri ve transformatörleri de yoktur. Ancak bu mikrofonların dezavantajları da vardır, en önemlileri ise şunlardır: kötü frekans özelliği ve neme ve sıcaklığa hassasiyeti.

Bu dezavantajlardan dolayı, kristal mikrofonlar kaliteli mikrofonlar sınıfına girmezler. Yine de, ortamın değişmeyen (sabit) koşulları altında kristal mikrofonlar, ölçmeler gerçekleştirmek için tatmin edici sonuçlarla kullanılabilir.

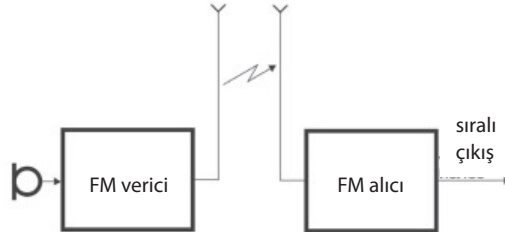
### 1.7.3. Telsiz Mikrofonlar

Şimdiye kadar incelenen mikrofonlar, sıradan stüdyo ve telekomünikasyon (uzaktan iletişim) koşullar altında kaydetmek için yada telekomünikasyon bağları için kullanılıyor. Ancak, sıradan hergünlük yaşamdaki koşulların dışında çok sayıda farklı koşullar olabilir. Böyle koşullarda özel yapı-

lı özel mikrofonlar kullanılıyor. Böyle özel mikrofonlar arasında telsiz mikrofonlar da yer alıyor.

Telsiz mikrofonlar yada radyomikrofonlar (wireless microphones) küçük radyo vericisi içeren mikrofonlardır. Radyo alıcısı tatmin edici alım sağlayan uzaklıkta bulunuyor.

Radyomikrofon sisteminin verici bölümü, ön kuvvetlendiriciye bağlı olan dinamik, kapasitörlü, elektrik mikrofon yada piezoelektrik mikrofon, kompresör ve küçük FM-modülatör ve antenli verici içerebilir. Mikrofon vericiyle aynı gövdede yerleşilebilir yada kabloyla ayrılmış olabilir ve bağlayıcı (konekör) aracılığıyla vericiye bağlanabilir. Radyomikrofonun blok-modeli Res.1-18'de verilmiştir



Res.1-18. Radyomikrofonun blok-modeli

Büyük sayıda çağdaş profesyonel vericilerde taşıyıcı frekansı seçme olanağı vardır, ancak bir verici, verilen anda sadece bir taşıyıcı frekans yayımlayabilir. Verici sigara kutusu büyüklüğündedir, içinde ise küçük pil bulunuyor (genelde 9V'luk). Bu pil vericiye elektrik gücü sağlıyor ve aynı zamanda kapasitörlü mikrofon için de elektrik gücü veriyor. Vericide frekans modülasyonu (FM) kullanılıyor, çünkü onunla yüksek ses kalitesi sağlanıyor.

Alıcı tarafında alıcı anten, demodülatörlü alıcı, genişleyici ve ön kuvvetlendirici bulunuyor. Ses çıkışı ses mikseti yada manyetik teyp çalar gibi audio cihazların giriş hatlarıyla bağlanıyor. Alıcı sadece bir vericiden sinyal alıyor, yani verilen anda sadece bir alıcı frekansla çalışabiliyor.

Radyomikrofonlar radyo ve televizyon yapımlarda kullanılıyorlar. Yorumcuların, yorum sırasında serbest hareket etmeleri için, içinde mikrofonun ve vericinin birleştirilmiş el modelleri kullanıyorlar. Bu şekilde, sahnede ek kablolarla gerek yok ve yorumcunun hareket etmesi sırasında sah-

ne elemanları çerçevesinde onların taşınması için ek kadroya ve personele gerek yok.

Çok sıkça fazla radyomikrofonun kullanılmasına gerek olabiliyor. O zaman, her vericinin, diğer vericilerin frekanslarından farklı frekansta yayın yapması gerekiyor. Böyle durumlarda da, farklı frekanslar arasında karışma imkanlarını yok etmek için, frekanslar arasında uzaklığın daha büyük olması her zaman tavsiye ediliyor. Pratikte en az 200kHz uzaklıkta olan kanallar kullanılıyor.

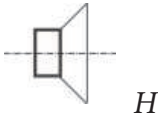
## EK:

Ek 1'e bak: En çok kullanılan profesyonel amaçlı mikrofonlar verilmiştir.

## 1.8. HOPARLÖRLER

**Hoparlör elektrik sinyallerini ses sinyallerine dönüştüren elektro-akustik cihazdır.** Elektrik enerjisi önce mekanik enerjiye dönüşüyor, ondan sonra ise akustik enerjiye dönüşüyor. Hoparlörlerin ve mikrofonların çalışma prensipleri aynıdır, ancak yapısal açıdan birbirinden çok farklıdır. Hoparlörün yarattığı akustik güç, mikrofonun algıladığı akustik gücünden çok daha büyüktür çünkü onların farklı elektrik ve akustik özellikleri vardır.

Literatürde ve tasarlarda kullanılan hoparlör simgesi şudur:



Hoparlörlerin, ayırımının yapılması için ve hoparlörlerin seçimini sağlayan özellikleri şunlardır: **reprodüksiyon (çaldırma), verimlilik (etkinlik), frekans özelliği, yönlendirme özelliği, kullanım derecesi ve empedans.**

$$r = \frac{P}{u} [Pa/V]; \quad r [dB] = 20 \log \frac{P}{u} \dots\dots\dots(1-24)$$

**Reprodüksiyon (r)** hoparlörün bağlantılarında değişken gerilim  $u$  bağlanınca, hoparlörün ne kadar ses basıncı ürettiğini gösteriyor.

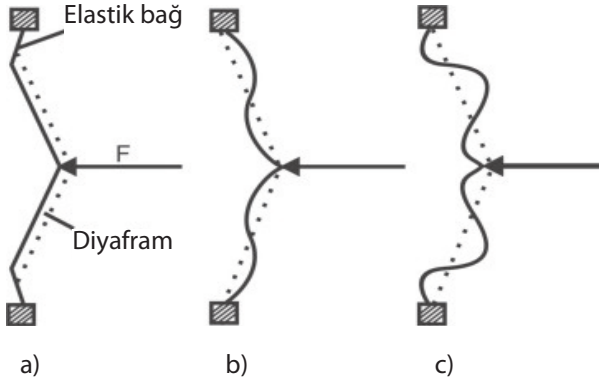
Reprodüksiyon hakkında bilgi verildiği zaman, basıncın hoparlör ekseninden hangi uzaklıkta ölçüldüğü bilinmelidir.

**Etkinlik (verimlilik) (e)** hoparlörün, hoparlör ekseninden 1m uzaklığında yarattığı basınç ve hoparlöre getirilen elektrik gücün kare kökünün arada ilişkidir.

$$e = \frac{P}{\sqrt{\frac{u^2}{Z}}} \left[ Pa / \sqrt{W} \right] \dots\dots\dots(1-25)$$

verilen ifadede Z hoparlörün empedansıdır.

**Frekans özelliği** reprodüksiyonun (yada verimliliğin) hoparlörde çıkan değişken sinyal arasındaki bağımlılığı gösteren çizgidir. Frekans özelliği sinyalin farklı frekanslar için hoparlör önündeki basıncın ölçülmesiyle elde ediliyor. Çok kaliteli reprodüksiyonlar için frekans özelliği sabittir (30Hz ile 15kHz arası). Ancak, gerçek frekans özelliği ideal frekans özelliğinden farklıdır. Frekans özelliği hoparlörün boyutlarına ve diyaframın yapım şekline bağlı olduğu gibi, aynı zamanda hoparlörün oynattığı frekanslara bağlıdır.

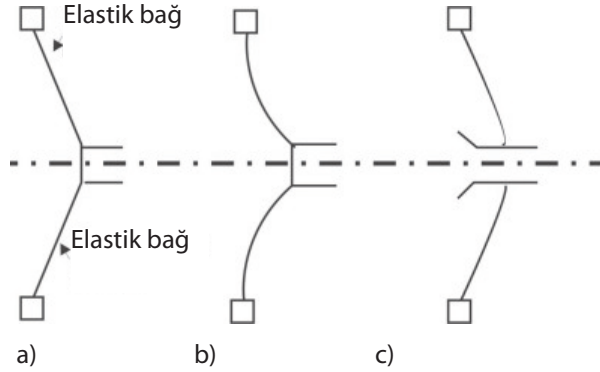


Res. 1-19. Diyaframın biçim değişirmesi

Hoparlörün kutusuna diyafram elastik bağla bağlanıyor (elastik bağ birkaç yüzük şeklinde kıvrılmış kağıtla gerçekleşiyor). Modern hoparlörler-



de, özellikle büyük güçlük için amaçlı hoparlörlerde, elastik bağ lastikten yapılmış yüzükle gerçekleşiyor. Yüksek frekanslarda reproduksiyonun bozulması, diyaframın parçaları eşit hareket eden sert sistem şeklinde davranmasının sona ermesinden dolayı meydana geliyor. Diyaframın biçim bozukluğu Res.1-19'da tanımlanmıştır. **Alçak frekanslarda** (Res.1-19-a), diyafram sert sistem olarak davranıyor ve tüm parçaları eşit olarak sola-sağa hareket ediyor. Oynatılan sinyalin frekansı arttığı zaman (Res.1-19-b,c) diyaframın periferik parçaları merkez parçalara kıyasen geri kalmaya başlıyor. Diyaframın belli parçalarının etkileri birbirini eliyor, ve frekanslar ne kadar yüksekse bu durum okadar fazla belirgindir. Buna dayanarak, **yüksek frekanslı** seslerin reproduksiyonu için daha küçük çaplı diyaframları olan hoparlörlerin kullanılması daha iyi olacağı sonucuna varabiliriz. Daha küçük diyafram, hoparlörün daha düşük akustik güçle yayıldığı demektir. Ancak, bu sorun değil, çünkü yüksek seslerin alçak seslerden daha az gücü var, ve yüksek frekanslarda gereken gücü elde etmek için küçük hoparlörler yeterlidir. Orta ve alçak frekanslı seslerin reproduksiyonu için daha büyük akustik güç gerekiyor ve dolayısıyla bu hoparlörlerin diyaframlarının daha büyük boyutları vardır.



Res. 1-20. Hoparlörlerde diyaframların özel tasarımlar

Radyo ve TV-alıcılarda ve onlara benzer yoğun kullanılan cihazlarda sadece bir hoparlörün kullanılması mümkündür. Böyle cihazlarda, hoparlörlerin özellikleri, Res.1-20'de gibi farklı biçimli diyaframların kullanılmasıyla gelişmiştir. (Res.1-20-a)'da diyaframın ortasında elastik bir bağ

var. Yüksek frekanslarda sadece merkez bölüm titreşiyor, alçak frekanslarda ise tüm diyafram titreşiyor. (Res.1-20-b)'de diyafram çok katıdır, ve bu şekilde faz biçim bozuklukları azalıyor. (Res.1-20-c)'de aralarında bağlanmış iki elastik diyafram var. Daha küçük diyafram yüksek frekansları yayınlıyor, küçük ve büyük diyafram beraber olarak orta ve yüksek frekansların yayınlanması için kullanılıyor.

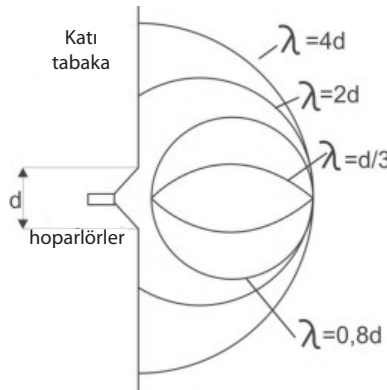
Yayınlandıkları frekanslara bağlı olarak, hoparlörler şöyle ayrılıyor:

- alçak, genelde 20 ile 200Hz arası frekansların reproduksiyonunu gerçekleştiren hoparlörlere **alçak frekanslı hoparlörler (AFH)** denir;

- orta frekansların, genelde 600 ile 3.000Hz arası çalışma frekans alanında reproduksiyonunu gerçekleştiren hoparlörlere **orta frekanslı hoparlörler (OFH)** denir;

- yüksek frekansların, genelde 3.000 ile 20.000Hz arası çalışma frekans alanında reproduksiyonunu gerçekleştiren hoparlörlere **yüksek frekanslı hoparlörler (YFH)** denir.

**Yönlendirme özelliği** hoparlörün beli yönlere ne kadar akustik enerjinin ışınım yapıldığını gösteriyor. Pratikte hoparlörler ses kutularında (hoparlör kutuların) içinde yerleşiyorlar. Teoretik olarak diyaframın önünde ve arındaki alan boş olduğu sayılıyor. O zaman yönlendirme özelliğinin res.1-21'de gösterildiği gibi şekli var. Res.1-21'de  $d$  diyaframın çapı,  $\lambda$  ise sesin dalga uzunluğudur. Alçak frekanslar sırasında (büyük  $\lambda$  için), hoparlör tüm yönlere eşit ışınım yapıyor. Yüksek frekanslarda, ışınım daha yönlendiriktir.



Res. 1-21. Yönlendirme özelliği

**Kullanım derecesi** hoparlörün yayınladığı akustik gücün ve kuvvetlendiricinin verdiği elektrik gücüdür. Enerjinin bir türden başka tür enerjiye dönüşmesi sırasında, kayıplar oluşur. Hoparlörde, kullanım derecesi birkaç yüzdendir.

$$\eta = \frac{P_a}{P_c} \dots\dots\dots(1-26)$$

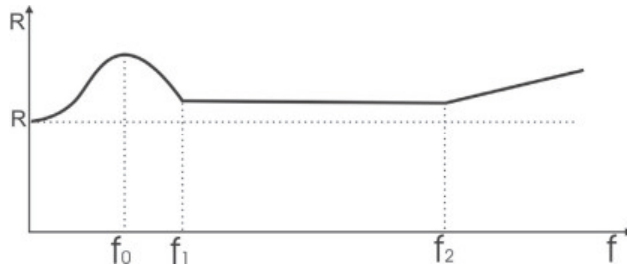
Yukarıdaki ifadede  $P_a$  hoparlörün çıkış akustik gücüdür,  $P_c$  ise hoparlörün giriş elektrik gücüdür.

**Hoparlörün empedansı (Z)** hoparlörün bağlantılarda ölçülen empedanstır. Hoparlörün önceki dereceden (kuvvetlendiriciden) maksimum güç almak için, bağlantılardaki rezistans, kuvvetlendiricinin rezistansın eşit ya da yakın olmalıdır, yani güçlerin uyumlaşmaları gerçekleşmelidir.

Hoparlörün empedansını üretici veriyor ve *anma (nominal) empedans* olarak adlandırılıyor. Anma empedansı standartlaşmıştır ve omalarla ( $\Omega$ ) ifade ediliyor.

Hoparlörlerin anma empedansı için tipik değer  $4\Omega$ 'dur (dört om), ancak anma empedansı  $8\Omega$ ,  $12\Omega$  ve  $16\Omega$  olan hoparlörler de üretiliyor.

Hoparlörün empedansı frekansa bağlıdır. Frekans bağımlılığı Res.1-22'de gösterilmiştir.



Res. 1-22. Hoparlör empedansının frekanstan bağımlılığı

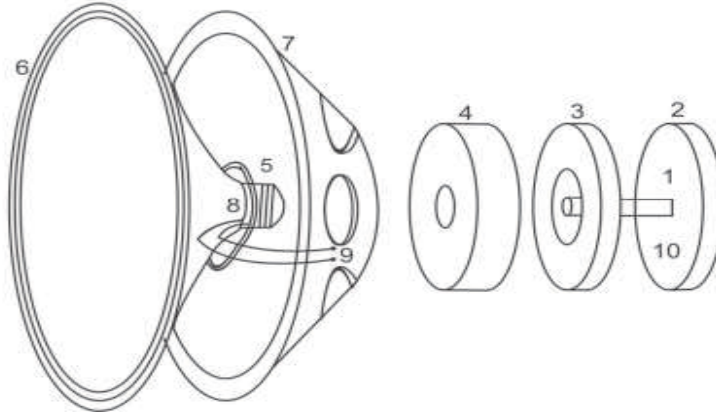
Verilen resimden, geniş bir frekans kapsamı için ( $f_1$ 'den  $f_2$ 'e kadar) empedansın sabit frekans özelliği olduğu görülüyor. O zaman empedansın  $1.25 \cdot R$  değeri vardır,  $R$  sarımın (bobinin) direncidir. Verilen kapsamda, empedans saf omluktur ve o anma empedansıdır. Bu kapsamın dışında olan



Yukarıdaki resimden, elektrodinamik hoparlör ve elektrodinamik mikrofon arasında hiçbir farkın olmadığı görünüyor, sadece hoparlörde diyafram daha büyüktür ve diyaframın daha kolay hareket etmesini sağlamak için iki elastik bağı vardır. (B) manyetik endüksiyonlu (irgitli) güçlü manyetik alanında ( $l$ ) uzunlukta bobin bulunuyor ve ondan ( $I$ ) elektrik gücü akıyor. İletkenin yönü ve manyetik endüksiyonun yönü birbirine diktir ve bu arada oluşan ( $F$ ) gücün hoparlör eksenin uzunluğuna doğru yönü var. Bu kuvvet iletkeni hareket ettiriyor ve ( $F$ ) kuvveti için şu denklem geçerlidir:

$$F = B \cdot l \cdot I \dots \dots \dots (1-27)$$

B manyetik endüksiyonun ve  $l$  uzunluğunun, hoparlörün yapısıyla tam olarak belirli olduğundan dolayı,  $F$  gücünün değişken elektrik gücüyle orantılı olduğu ortaya çıkıyor.



Res. 1-24. Elektrodinamik hoparlörü oluşturan parçalar

Elektrodinamik hoparlörün yapısal olarak gerçekleşmesi ve onu oluşturan parçalar Res.1-24'te verilmiştir. Silindir şeklinde olan kalıcı mıknatıs (1) manyetik kutup uzantılar (2,3 ve 4) arasında bulunuyor. Bu şekilde mıknatıs ve manyetik kutbu arasındaki dar boşlukta güçlü manyetik alan oluşmaktadır. Silindirik taşıyıcının boşluğunda sarım (5) yer alıyor. Sarımın uçları diyaframa (6) lehim edilmiştir ve aynı zamanda hoparlör kutusunda (7) bulunan hoparlörün bağlantılarıyla (9) bağlıdır. Genelde kağıttan yapı-

mış olan diyaframın iç tarafı (6) ve hoparlör kutusu (7) arasında elastik bağ (8) vardır. Elastik bağ kelebek şeklindedir ve sarımın merkezlemesi için kullanılıyor. Bu şekilde sarım hava boşluğunun tam ortasında yerleşiyor. Elastik bağ lastikten yapılıyor. Böylece diyaframın daha fazla oynatılması sağlanıyor.

Daha büyük kuvvet (F) elde etmek için, manyetik endüksiyonun (B) olabileceği kadar yüksek olmalıdır. Bunu mıknatıs (1) ve kutup uzantılar (2, 3 ve 4) arasında dar boşluk bırakarak elde ediyoruz. Diğer taraftan, o kadar dar boşlukta büyük  $l$  uzunlukta iletkenin yerleşmesi olanaksızdır. Eğer daha küçük kesitli iletken kullanılırsa, o zaman bobinin direnci (R) yükseliyor. Tüm bu yapısal sorunları göz önüne alınarak, genelde yaklaşık 1T manyetik endüksiyon (B), birkaç metrelik uzunlukta iletken, ve  $4\Omega$ ,  $8\Omega$  yada  $12\Omega$  direnç (R) özellikleriyle hoparlörler yapılıyor. Yüksek omlu hoparlörler olarak adlandırılan hoparlörler de vardır ve onların uzun iletkenleri ve  $800\Omega$ 'a kadar ulaşan resistansları vardır.

Elektrodinamik hoparlörler iyi özelliklere sahiptir. Geniş frekans kapsamında sabit frekans özellikleri var. Bu tür hoparlörlerde, rezonans frekansı için hoparlör empedansının yükselmesi (Res.1-22) öne çıkmıyor çünkü o zaman diyaframa etkileyen F kuvveti azalıyor. Elektrodinamik hoparlörlerin iyi kullanım katsayıları vardır ve küçük biçim bozuklukları vardır.

Bu hoparlörler farklı diyafram büyüklüğünde ve farklı şekilde yapılıyor. Aynı zamanda, farklı frekanslar ve güçler için de yapılıyorlar. Birkaç santimetrelik küçük diyaframlı ve birkaç milivatlı alçak güçlü elektrodinamik hoparlörler transistor alıcılarında, telsiz cihazlarda, interkomlarda, telefon kulaklıklarında ve benzer cihazlarda kullanılıyorlar. Büyük boyutlu diyaframı ve yüksek çıkış gücü (yüzlük sırasından W) olan hoparlörler stereofonik radyo alıcılarında olduğu gibi farklı kapalı mekanlarda seslendirme için kullanılan ses kutularında kullanılıyor.

Küçük çıkış gücü veren hoparlörlere **kullaklıklar** denildiğini not edelim. Telefonculukta kullanılan *elektrodinamik kulaklıklar* var, *kristal kulaklıklar* ise en çok stüdyo çekimlerinde kullanılıyorlar

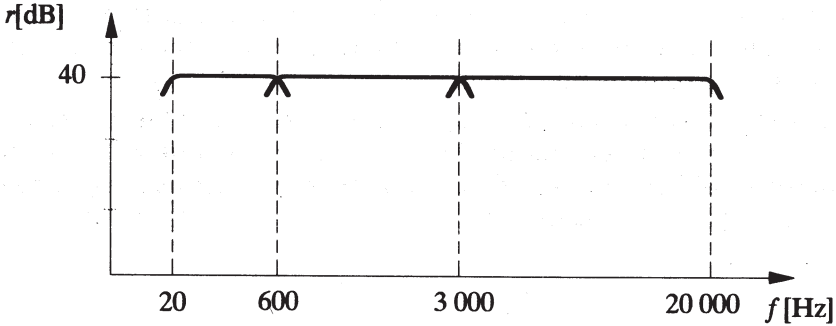
## 1.9. SES KUTULARI

*Hoparlörlerin yerleştiği kutuya ses kutusu denir.* Ses kutuları için çok sayıda farklı sürümler ve çözümler var.

Ses kutularında bir yada fazla hoparlör yerleşebilir. En az iki hoparlörün yerleştiği ses kutuları ve tüm hoparlörlerin sadece belli bir frekans alanında akustik enerjisi yayarak geniş frekans kapsamı örten ses kutularına geniş bantlı ses kutuları denir. Belli frekans alanı için sadece bir özelleşmiş hoparlör içeren *dar bantlı ses kutuları* da var (örneğin, baslar, yüksektonlular vb.). Geniş bantlı ses kutuları en sıkça iki yada üç hoparlörle uygulanır, o da:

- 20 ile 600Hz arası çalışma frekans alanı olan hoparlörler, onlara **alçaksesli** denir;
- 600 ile 3.000Hz arası çalışma frekans alanı olan hoparlörler, onlara **ortasesli** denir, ve
- 3.000 ile 20.000Hz arası çalışma frekans alanı olan hoparlörler, onlara **yükseksesli** denir.

Bu ses kutuların frekans özellikleri Res.1-25'te tanımlanmıştır.

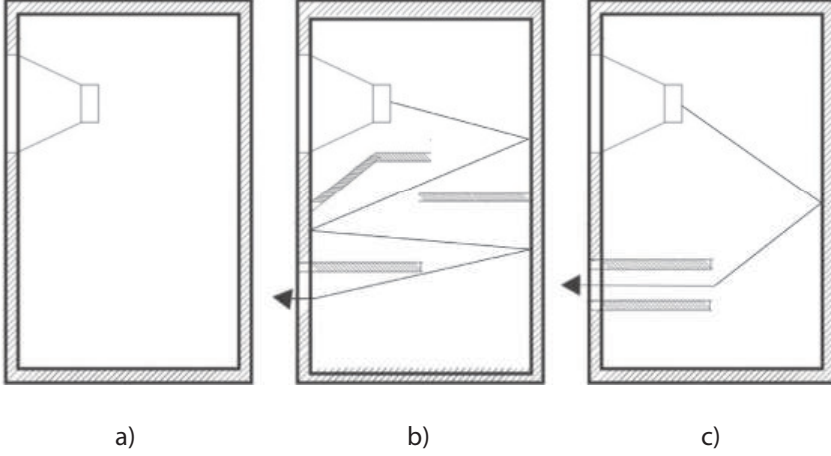


Res. 1-25. Alçaksesli, ortasesli ve yükseksesli hoparlörlerin frekans özellikleri

Belirli frekans özellikleri ses kutusunun ortak frekans özelliklerini oluşturuyorlar.

Hoparlörlerin yerleşmiş olduğu ses kutuların yapılarına bağlı olarak **sıkıştırılmalı ve refleksli** ses kutuları vardır.

**Sıkıştırılmış ses kutuları** her taraftan kapalıdır. Bu kutularda, diyaframın arka tarafında titreşimlerden dolayı meydana gelen akustik enerjinin tümü kutuda kalıyor ve kaplanmış olduğu malzemede (cam yünü, bez, strapor vb) emiliyor. Bu enerji dinleyici için tamamıyla kayıptır (Res.1-26-a).



Res. 1-26. Ses kutuları a) sıkıştırılmalı; b) Labirent; c) bas-refleksli

**Refleksli ses kutularının delikleri var.** Bu delikten, hoparlörde diyaframın arka tarafında oluşan ses dalgası çıkıyor. Bu ses dalgası, diyaframın ön tarafında meydana gelen dalgayla aynı fazda olmalıdır. Böyle durumda iki ses dalgası birbirini elemiyor, hemen toplanıyor. Diyaframın arka tarafında oluşan ses dalgasının kırılması birkaç şekilde gerçekleşebilir. Ses dalgalarının geri döndüğü duvarlar yapılırsa, o zaman böyle kutulara *labirent kutuları* denir (Res.1-26-b).

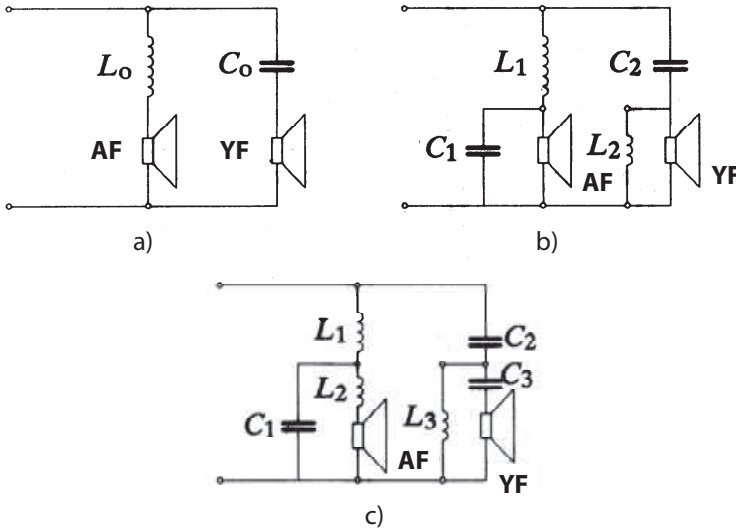
Yansıyan ses dalgası ses kutunun ön yada arka tarafından çıkabilir. Bu kutularda en çok alçak sesli hoparlörlerden sesler yansıyor, çünkü bu hoparlörlerde olan büyük diyaframlarla yüksek akustik enerji yaratılıyor.

Alçak sesli hoparlörlerden ses dalgası yansıtınca ve ses kutusunun ön tarafından çıkıyorsa, bu kutular bas-refleksli kutular olarak adlandırılıyor (Res.1-26-c).



Ses kutularında, hoparlörler dışında, her zaman geçitler de kullanılıyor. **Geçitler elektrik filtrelerdir.** Geçitlerin görevi önceki dereceden, yani kuvvetlendiriciden gelen sinyali seçimsel olarak hoparlörlere doğru geçirmektir. Frekans özelliğine göre, alçak, orta ve yüksek frekanslar kapsamında çalışma alanlı hoparlörler vardır. Bu hoparlörlerin hepsinde kendine göre uygun yapısal uygulamalar vardır ve kesin olarak belirlenmiş frekans alanı için geçerli olan özellikleri de vardır (Res.1-25). Onun için, belli bir hoparlöre sadece o hoparlörün en etkili olduğu belli bir frekans kapsamından sinyaller getiriliyor. Bu da geçitlerin yardımıyla gerçekleşiyor.

Ses kutularında kullanılan elektrik filtreleri pasif ve aktif olabilir. Pasif filtreler pasif elemanlardan yapılıyor- bobinler ve kondansatörler, aktif elektrik filtreleri ise aktif elemanlardan yapılıyor - transistörler, işlem kuvvetlendiriciler ve tümleşik devrelerden. Res.1-27'de *pasif elektrik filtre* için üç farklı versiyonu gösterilmiştir.



Res. 1-27.Pasif elektrik filtreler

Resimden, sinyallerin filtreler yardımıyla alçak frekanslar (AF) ve yüksek frekanslar (YF) için hoparlörlere götürüldüğü açıkça görünüyor. Filtre-

de kullanılan elemanlara, elemanların sayısı ve bağlanma şekline bağlı olarak, filtrelerin farklı seçiciliği elde ediliyor.

Filtrenin seçiciliği ne kadar daha yüksekse, frekansı filtrenin frekans kapsamı dışında olan sinyallerin zayıflaması o kadar daha büyüktür. Res.1-27-’daki filtre geçirmez kapsamında oktav başına 6dB zayıflama veriyor, (Res.1-27-b) ve (Res.1-27-c)’deki versiyonlar geçirmez kapsamında oktav başına sırasıyla 12dB yani 18dB zayıflama yapıyor. En çok kullanılan çözüm oktav başına 12dB zayıflama veren filtredir. Böyle durumda, filtrenin kapsamından daha geniş olması gereken hoparlörün frekans kapsamının sınır frekansından bir oktav için daha yüksek olması yeterlidir, çünkü bu şekilde filtrenin, hoparlörün sabit frekans özelliği alanında çalışması sağlanıyor.

(Res.1-27-a)’daki filtre için endüktivitinin (sarımın) ve kapasitörün değerleri şu ifadelerle göre hesaplanıyor:

$$L_o = \frac{Z}{2\pi f_g} ; C_o = \frac{1}{2\pi f_g Z}, \dots\dots\dots(1-28)$$

Verilen ifadede  $f_s$  sınır frekansı,  $Z$  ise hoparlörün anma empedansıdır.

Tablo 1-1’de (Res.1-27-a)’daki filtre için, farklı sınır frekansları ve farklı anma empedansları için endüktivitelerin ve kapasitelerin değerleri verilmiştir

Tablo 1-1. Res.1-27’deki filtre için elemanların değerleri

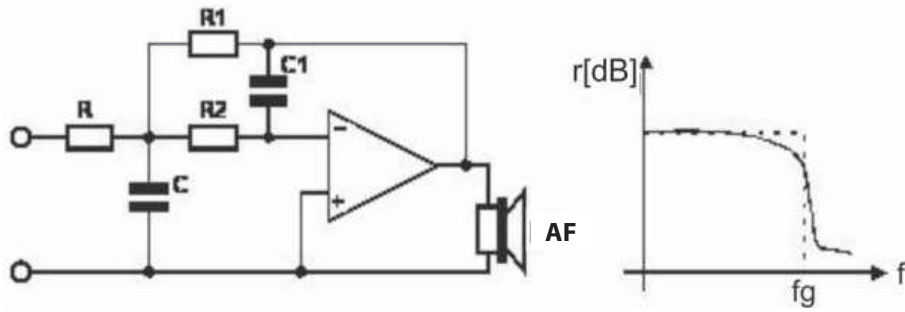
Sınır frekansı	Z anma empedansı					
	15Ω		8Ω		4Ω	
$f_s$ [Hz]	L [mH]	C [μF]	L [mH]	C [μF]	L [mH]	C [μF]
1.600	1,5	6,25	0,75	12,5	0,375	25
800	3	12,5	1,5	25	0,75	50
400	6	25	3	50	1,5	100

(Res.1-27-b) filtresi için elemanların değerlerinin hesaplamaları şu ifadelerle göre yapılabilir:

$$L_1 = \frac{1,6Z}{2\pi f_g} ; L_2 = \frac{Z}{2\pi f_g} ; C_1 = \frac{1}{2\pi f_g Z} ; C_2 = \frac{1}{3,22\pi f_g Z} \dots\dots\dots(1-29)$$

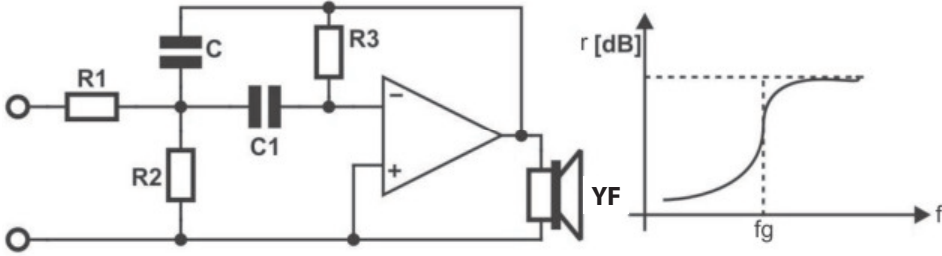
Dolayısıyla bir filtre en iyi şekilde sadece belli bir hoparlörler kombinasyonu için çalışabilir.

Aktif filtrelerde seçicilik rezistörlerin ve kondansatörlerin kullanımıyla gerçekleşiyor, kayıplar ise aktif kuvvetlendirici bileşenlerle (işlemsel kuvvetlendiriciler) telafi ediliyor.



Res. 1-28. Alçak frekanslar geçirci filtre ve onun frekans özelliği

Res.1-28'de *alçak frekansları geçiren aktif filtre* ve onun frekans özelliği tanımlanmıştır.



Res. 1-29. Yüksek frekanslar geçirci filtre ve onun frekans özelliği

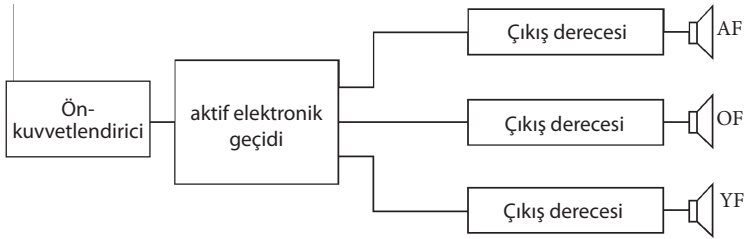
R rezistörü ve C kapasitörü alçak frekanslar geçirci RC-filtresi oluşturuyor. Negatif geri bağ, C<sub>1</sub> aracılığıyla, daha yüksek frekanslar sırasında işlem kuvvetlendiricinin kuvvetlendirmesini azaltıyor. Böylece, daha alçak frekanslı bileşenler, daha yüksek frekanslı bileşenlere kıyasen daha çok kuvvetlendirilmiştir.

Res.1-29'da benzer şekilde gerçeğeşen *yüksek frekanslar geçirici-aktif filtre* olarak tanımlanmıştır. Aktif filtrelerin (geçitlerin) temel avantajları şunlardır:

- sınır frekansları sabittir ve çok hassas ayarlanabiliyorlar;
- kendi titreşme süreçleri yoktur;
- sınır frekansları hoparlörün empedansından bağımsız olarak seçiliyor. Pasif filtrelede bu olanak yok;
- Çıkış derecesinde biçim bozuklukları küçüktür.

Aktif filtreler genelde ses kutularında yerleşik bulunuyor, ancak kendi elektrik kaynağı olan ve sınır frekansını ile her frekans kapsamında birbirinden bağımsız olarak sinyal seviyesini seçmek (isteğe göre) olanağı olan ayrı cihazlar olarak da satın alınabilir. Kuvvetlendirici ve hoparlör arasında yerleşen pasif filtrelerden farklı olarak, *aktif filtreler çıkış kuvvetlendiricinin giriş devresinde yerleşiyorlar* (Res.1-30).

Demek ki, bu filtrede elemanlar büyük güçler için boyutlanmalıdır.



Res. 1-30. Aktif filtre takılmanın blok-modeli

## EK:

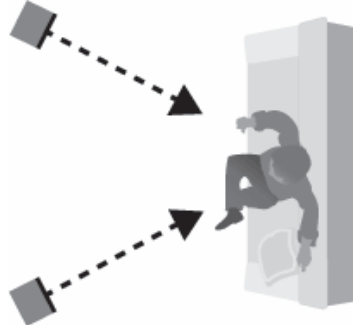
Ek 2'de ses kutularının nasıl yapıldığını, tasarlandığını ve hesaplandığını bak.

## 1.10. ALAN SESLENDİRME

Popüler ve kısaca hoparlörler olarak adlandırılan ses kutuları, pratikte bilgiler almak (işitmek), müzik dinlemek, film seyretmek (filmlerin deneyimi) için kullanılıyorlar.

Bilgiler iletilirken, örneğin seslendirme sisteminde, telsizde, interkomda veya telefonda, ses sinyalini üreten sadece bir hoparlör vardır. Böyle durumlarda önemli olan, alansal durumuna önem verilmeden bilginin alınması ve işitilmesidir. Başlanğıçta ses üretme cihazların – plak çalarlar ve radyo alıcıların – ses sinyalini üreten sadece birer hoparlörü varmış. Buna **monoalımı (mono)** denir.

Ses sinyallerin kaydedilmesi ve üretiminde sıradaki adım **stereo kaydır (stereo)**. Stereo kayıtlarda sesin kaydedilmesi iki mikrofonla gerçekleşiyor, ses üretimi ise doğal olarak iki hoparlörle gerçekleşiyor. Ancak alanın bu şekilde seslendirilmesiyle, dinleyici sesin bir boyutluluk izlenimini alıyor, yani dinleyicinin, sesin sol ya da sağ taraftan geldiği hissi vardır. Hoparlörler Res.1-31'de olduğu şekilde yerleşiyorlar.

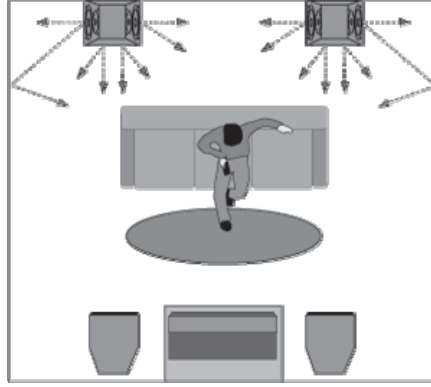


Res. 1-31. Hoparlörlerin Yerleşimi ve Alanı

Dinleyicinin, en iyisi ortada oturması ve hoparlörlerin dinleyicinin önünde belli bir açıda yerleşmesi gerekiyor. Böylece dinleyici sesleri kayıtlara uygun şekilde alıyor (bir helikopterin, örneğin sol taraftan geldiğini, bir kızın soldan sağa kaçmasını ve bir filmin atmosferini yaşatan başka örnekleri işitmesi, yada müzik dinlerken hangi enstrümanın nerede bulunduğunu ve ne zaman açılacağını işitmesi). Dinleyicinin yer değiştirmesiyle, bu efekt azalabilir ya da kötü bir yerde tamamen kaybolabilir.

Hoparlörlerin bu şekilde yerleşmesine üç ya da dört hoparlör daha eklenirse ve onlar Res.1-32'de gösterildiği şekilde yerleşirse, o zaman alanın (mekanın) **sarma (surround)** seslendirilmesi elde ediliyor.

İki hoparlör dinleyicinin arkasında yerleştiriliyor (arka sol ve sağ hoparlör), iki hoparlör önden (sol ve sağ) ve bir hoparlör ortada olmak üzere dinleyicinin karşısında yerleşiyor. Ona göre toplam beş hoparlör vardır.



Res. 1-32. Surround seslendirme

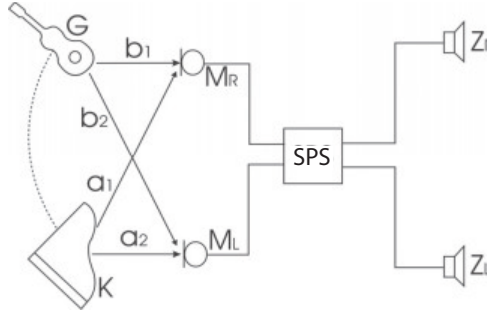
Bu şekilde, stereodan farklı olarak, ses sola-sağa hareket etmesi dışında, sesin ileri-geri de hareket etmesi izlenimi elde ediliyor (bu kez helikopterin sol taraftan geldiği, ancak arkadan geldiğini ve önden sol tarafta indiği işitiliyor, ya da soldan kaçan kızın bu kez önden sol taraftan arka sağ tarafa koştuğu anlaşılıyor). Böyle durumda sesin iki boyutluluğu vardır ve özellikle film seyrederken etklidir (filmin de doğal olarak surround tekniğiyle, büyük sayıda mikrofon kullanarak çekilmelidir) ve aynı zamanda video efektleri ses efektleriyle tamamlanıyor ve güçlendiriliyor. Bu beş hoparlöre, altıncısı da ekleniyor-bas hoparlörü yada derin hoparlör (subwoofer), yani çok alçak bas hoparlörü. Yukarıdaki resimde bu hoparlör gösterilmemiştir, çünkü insan kullağının bu kadar alçak frekanslar için yön hissi olmadığından, onun yeri önemli değildir. Surround'ta seslerin toplamını „5.1” işareti belirliyor (iki ön, iki arka ve biri ortada-beş hoparlör yapıyor ve 1 derin hoparlör) Surroundan daha geniş ve büyük versiyonu da var - „7.1” (etkisi „5.1”e benzerdir), ancak şimdilik üretim şirketleri tarafından fazla desteklenmiyor.

### 1.11. STEREOFONİK ÇEKİM TÜRLERİ

Birinci stereofonik yayın 1881 yılında Paris Operası'nda gerçekleşmiştir. Orkestrenin sol ve sağ tarafı iki mikrofon yardımıyla kaydedilmiştir, reproduksiyon ise kullaklıklarla gerçekleşmiştir. Bugün, mikrofonların yerleşme şekline göre ve kullanılan mikrofon türlerine göre, sol ve sağ sinyalin elde edilmesi için birkaç farklı sistem kullanılıyor. Stereofonik kayıtlar sistemi AB-sistemi, XY-sistemi ve MS-sistemi olabilir.

#### AB - sistemi

Bu stereofonik kayıt sisteminde iki metreye kadar mesafede yerleşen iki mikrofon kullanılıyor.



Res. 1-33. AB-sistemi

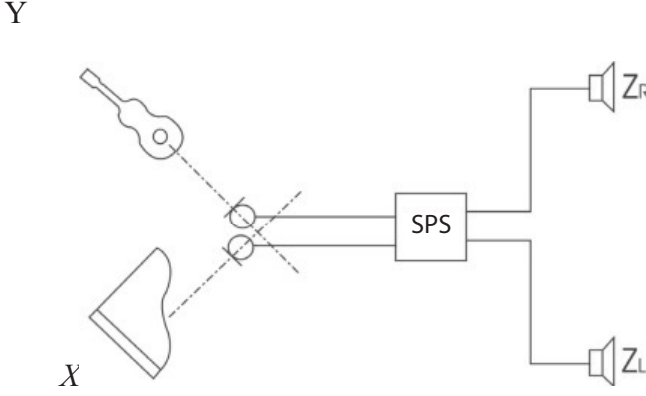
Mikrofonların yönlendirme özelliği daireseldir, ancak yönlendirmiş de olabilirler. Kaynaktan gelen sesler, farklı yollardan geçtiklerinden dolayı, güçlük (amplitüd) açısından farklı sinyaller veriyor. Stereofonik çekim Res.1-33'te gösterilmiştir. Resimden  $M_L$  ve  $M_R$  mikrofonlardan, enstrümanların sıralamasıyla ilgili alan görünümü veren, farklı sinyallerin geldiği görünüyor. Sinyaller hoparlörlere, SPS (Stereofonik sinyal iletimi) cihazların aracılığıyla iletiliyor.

#### XY - sistemi

İki mikrofonda ses kuvvetinde olan fark dışında, XY-sistemlerinde, alan hissine etkileyen yada o hissin kaybolmasına yol açabilen zamanlama farkı da var.

Bugün, iki mikrofonun aynı gövdede ve genelde yan yana yerleştirilerek zamanlama farkını eleyen sistemler kullanılıyor. Bu şekilde yerleştirilmiş mikrofonlar tesadüf mikrofonlardır ve  $90^\circ$  derecelik açı altına yerleşmiş

bulunuyorlar. Mikrofonların yönlendirme özelliği sekizli şeklindedir. Bu tür stereofonik çekimin blok-modeli Res.1-34'te gösterilmiştir.

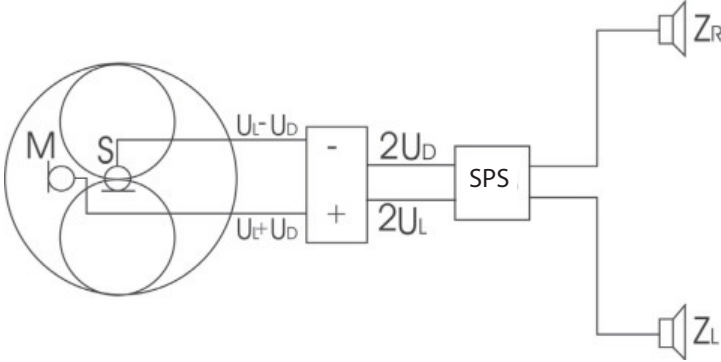


Res. 1-34. XY-sistemi

Resimden, sol mikrofonun X yönünden ses dalgalarına en hassas olduğu, sağ mikrofonun da Y yönünden gelen ses dalgalarına daha hassas olduğu görünüyor.

### MS-sistemi

MS-sistemin blok-modeli Res.1-35'te tanımlanmıştır..



Res. 1-35. MS - sistemi

M mikrofonun daire şeklinde yönlendirme özelliği var, S mikrofonun ise sekiz şeklinde yönlendirme özelliği var. Orkestrinin sol tarafından mikrofonların uçlarında oluşan gerilim  $U_L$  ile işaretleniyor, orkestrinin sağ tarafında oluşan gerilim ise  $U_R$  ile işaretleniyor. Böylece, M-mikrofonun çı-



kışında  $U_L+U_R$  gerilim, gradyan türünden olan S-mikrofonun çıkışında ise  $U_L-U_R$  gerilim elde ediliyor. İki mikrofondan sinyal iki girişi ve iki çıkışı olan matris devresine götürülüyor. Bir çıkışta  $2U_R$ , diğer çıkışta ise  $2U_L$  sinyali elde ediliyor. SDS derecesinden sol ve sağ hoparlörde sinyaller elde ediliyor. M ve S mikrofonları ortak taşıyıcıda koyuluyor ve onların yönlendirme özellikleri Res.1-35'te olduğu gibi olmalarına dikkat ediliyor.

Alansal ses çekimi için daha gerçekçi resim oluşturmak için, bu kayıt sistemleri kombine edilebilir.

### 1 ÖZET

- ❖ Ses madde taneciklerin dengeli durum etrafında titreşmesiyle belirlenen ortamın fizik durumunun değişimidir;
- ❖ Ses kaynağı, akustik yada mekanik dalgaların meydana geldiği yerdir. Bu dalgalar devamda ses kaynağından tüm yönlere ışınsal olarak *ses dalgaları* şeklinde yayılıyor;
- ❖ Frekans (f), zaman biriminde değişikliklerin sayısı olarak tanımlanıyor. Herzlerle (Hz) ölçülüyor, 1Hz frekansı ise bir saniyelik zaman içinde bir değişiklik demektir;
- ❖ Bir değişikliğin sürdüğü zaman periyod (T) olarak adlandırılıyor. Periyod saniyelerle (s) ölçülüyor.
- ❖ Değişikliklerin ortamda yayıldığı hıza ses hızı (c) denir ve (m/s) ile ölçülüyor;
- ❖ Ses basıncı (p) bir nesnenin mekanik titreşimlerin etkisiyle havanın yoğunlaşmasını ve seyrekleşmesini tanımlıyor;
- ❖ OM'un (ohm) akustik kanunu, karakteristik akustik empedansın elektrotknikte elektrik direncine, ses basıncına gerilime ve hıza elektrik akımına uyumlu olmasından elde ediliyor;
- ❖ Basit yada temiz ses, özellikleri (basınç, taneciklerin hızı vs.) basit periyodik kanunlarına göre değişen seslere denir;
- ❖ Periyodik olarak meydana gelmeyen, amplitüdlere ve frekansları devamlı değişen karmaşık sesler, çok büyük sayıda harmonikler içeriyor;

- ❖ İnsan sesin dört temel özelliğini ayırt edebiliyor: yükseklik, şiddet, renk ve sesin geldiği yön;
- ❖ Elektro-akustik dönüştürücülerde, ses enerjisi doğrudan elektrik enerjiye dönüşüyor. Önce mekanik enerjiye dönüşüyor;
- ❖ Mikrofonlar sesi elektrik sinyale dönüştüren elektro-akustik dönüştürücüleridir;
- ❖ Yönlendirme özelliği ses dalgasının diyaframa düştüğü açıya bağlı olan mikrofonların bağlantılarındaki gerilimin büyüklüğüdür;
- ❖ Elektrodinamik mikrofonlar, kuvvetli manyetik alanda hareket eden iletken elektromotor gücünün endükleme prensibiyle çalışıyorlar;
- ❖ Hoparlör elektrik sinyallerini ses sinyallerine dönüştüren elektro-akustik cihazdır;
- ❖ Dar bantlı ses kutuların belli bir frekans alanı için sadece bir özelleştirilmiş hoparlörü vardır (örneğin: baslar, yüksek sesliler ve benzer). Geniş bantlı ses kutusu genelde iki yada üç hoparlörle yapılıyor: 20 ile 600Hz arası çalışma frekans alanı olan hoparlör, **alçak sesli** olarak adlandırılıyor; 600 ile 3.000Hz arası çalışma frekansı olan hoparlör, **orta sesli** olarak adlandırılıyor; 3.000 ile 20.000Hz arası çalışma frekansı olan hoparlör, **yüksek sesli** olarak adlandırılıyor.
- ❖ Mono alımının (Mono), ses sinyali üreten sadece bir hoparlörü var, stereo kayıta (stereo) ise sesin kaydı iki mikrofonla gerçekleşiyor, ses üretimi ise iki hoparlörle yapılıyor.

## SORULAR VE ÖDEVLER:

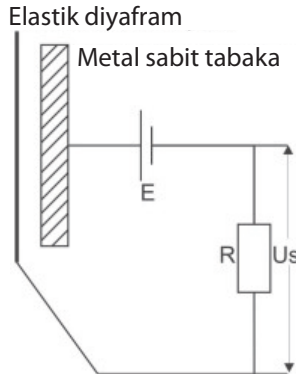
1. Fiziksel ve fizyolojik açıdan ses nedir?
2. Taneciklerin hızı (V) ve ses hızı (c) arasındaki fark nedir?
3. Ses nasıl yayılıyor?
4. Hangi frekansa temel harmonik denir?
5. 2kHz frekanslı temel harmoniği, beşinci ve yedinci harmoniği olan karmaşık sesin zaman ve spektral diyagramını çiz!
6. Müzik sinyalin spektral diyagramını çiz!
7. İnsan kulağı nasıl işitiyor?
8. İnfra ses ve ultra ses arasındaki kapsam nasıl adlandırılıyor? İşitme alanını hangi kapsamlar oluşturuyor?
9. Sesin geldiği yönü insan nasıl belirliyor?
10. Elektro akustik dönüştürücüler nedir?
11. Mikrofonların hangi özellikleri var?
12. Mikrofonun frekans özelliği yardımıyla ne belirlenebilir?
13. Hangi yönlendirme özellikleri vardır? Onları çiz!
14. Üst ayarlama nedir ve neden yapılıyor?
15. Kombine mikrofon nasıl elde ediliyor ve onun yönlendirme özelliği nasıldır?
16. Elektrik ayırımına göre nasıl mikrofonlar vardır ve neden kullanılıyorlar?
17. Hoparlörlerin hangi özellikleri var?
18. Hoparlörde empedansın frekans bağımlılığı nasıl değişiyor ve neden?
19. Hoparlör ve ses kutuları arasında fark nedir?
20. Hangi ses kutu türleri vardır?
21. Hoparlörün empedansı  $4\Omega$ , sınır frekansı 1.800Hz ise, oktav başına 12dB zayıfala girildiği pasif filtrenin elemanlarını hesapla!
22. Ses kutularında aktif filtre geçitlerin kullanımıyla hangi avantajlar kazanılıyor?

### Cümlelerin doğru olması için boşlukları tamamla:

- Sesin hızı için (düzeltici) denklem \_\_\_\_\_'dir.

- Bütünsel emme sırasında  $\alpha =$  \_\_\_\_\_ ve  $r =$  \_\_\_\_\_.
- Kırınım olayı ses dalganın karşılaştığı engel etrafında \_\_\_\_\_ zaman meydana geldiği olaydır.
- İnfra ses \_\_\_\_\_ Hz'ten \_\_\_\_\_ Hz'e kadardır.
- Hangi mikrofon türünün bir diyaframı var? \_\_\_\_\_.
- Karbonmikrofondatransformatörünorantısı \_\_\_\_\_'dan \_\_\_\_\_'a kadardır.
- Etkililik (verimlilik) \_\_\_\_\_ olarak tanımlanıyor (denklemini yaz).
- \_\_\_\_\_ ile \_\_\_\_\_ Hz arası alanda çalışan hoparlör alçak seslidir.
- Hoparlörün yerleştiği kutunun yapısına bağlı olarak \_\_\_\_\_ ve \_\_\_\_\_ ses kutuları var.
- Bir yerin surround seslendirilmesi sırasında \_\_\_\_\_ hoparlör kullanılıyor.

Resimde \_\_\_\_\_ mikrofonu verilmiştir.

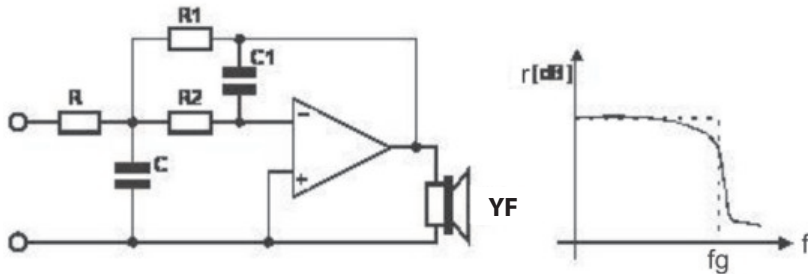


Bu tür mikrofonun şu özellikleri var (sadece doğru olduğunu düşündüğün cevapları çevrele):

- kötü frekans özelliği
- tüm alan içinde sabit frekans özelliği var
- pili yoktur

- mekanik ve atmosfer etkilere duyarlı değildir
- 1:20'dan 1:100'e kadar orantılı transformatörü var
- 1mW elektrik gücü var
- onluk sıralarından birkaç yüz oma kadar çıkış direnci var
- 100  $\Omega$  empedansı var (50  $\Omega$  ve 200 $\Omega$  da olabilir)
- 10M $\Omega$  ile 100M $\Omega$  arası çıkış direnci var
- neme hassasiyetlidir

Aşağıdaki resimde ne verilmiştir?



## 2. ANALOG SES KAYIT CİHAZLARI

**S**es kaydı sesi bir ortamda (medyumda) kesin belirlenmiş şekilde yazdırmak, ve bu kaydın fazla kez oynatılmasını sağlayan her süreç denir.

Birkaç kaydetme şekli var ve kullanılıyor, ancak tüm bunların ortak özelliği sesin, yapılmış olduğu *kayıt taşıyıcısı* olarak adlandırılan malzeme de kalıcı değişikliklere yol açmasıdır. Sesin kaydı, sesin olduğu gibi doğrudan kaydı, yani **analog** olabilir, yada ses önce işlenip **dijital** şekline dönüştürüldükten sonra kaydedilebilir.

Kaydedilen sesin şekline göre sesin **analog kaydetme** cihazları ve sesin **dijital kaydetme** cihazları vardır. Kaydedilen ses analog olduğu zaman, iki kaydetme süreci kullanılıyor: mekanik süreç (gramofon plakta kaydetme) ve manyetik süreç (manyetik bantta kaydetmek).

Sesin analog kaydı, daha eski ses yazdırma şeklidir. Günümüzde analog kaydetme, sesin dijital kaydı için temel tanımlıyor. Analog sistemler ve ses kaydetme cihazları olduğu gibi, eski ses kayıtları da hala vardır. Gramofon plakın kaydedilme prensibi ve kayıtların gramofonda oynatılmasını, kompakt disklerde ve onların ses taşıyıcılarda (CD-disk) da kullanıldığını fark edebiliriz. Teyp çararlarda manyetik bantlarda (teyplerde) geçerli olan manyetik kaydetme prensipleri, aynı zamanda manyetik dijital kayıtlar ve ses taşıyıcıları için de geçerlidir.

Gramofon en eski ses yazdırma şeklidir. Bugün genelde stüdyolarda eski malzemelerin dinlenmesi için kullanılıyor. Gramofonda, kayıt taşıyıcı gramofon plakıdır.

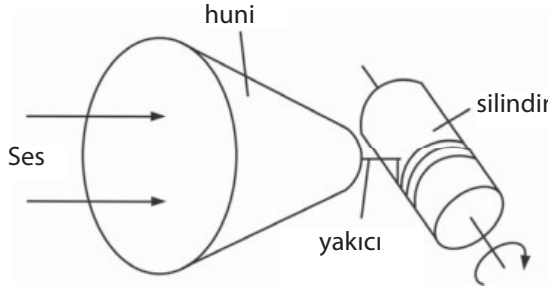
Manyetik bantta analog kaydetme de benzer şekilde sahip olduğu kalite ve özellikleriyle dinleyicinin gereksinimlerini karşılıyor. Bu kaydetme

şekli yeni manyetik kayıtlar için temeldir. Teyp çalarda ses taşıyıcısı olarak manyetik bant (kaset) kullanılıyor.

### 2.1. MEKANİKSES KAYDI

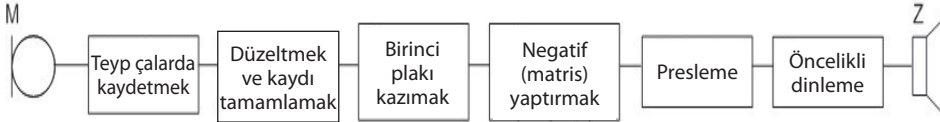
Mekanik ses kaydı, sesin mekanik yoluyla ses taşıyıcıya (gramofon plakına) kalıcı yazılması olarak tanımlanıyor.

Sesin mekanik yoluyla kaydedilmesi en eski ses kaydetme şeklidir. 1887 yılında, *Edison fonografi* olarak adlandırılan cihazın yardımıyla kullanmaya başlamış. Edison fonografin (Res.2-1) ana parçaları huni, bıçaklı yada iğneli elastik diyafram, ve ince balmumu tabağıyla kaplanmış silindirdir. Kaydetme sırasında, değişken ses basıncının etkisi altında diyafram (membran) ileriye-geriye titreşerek, balmumunda yivin derinliği değişiyor. Bu sürece *derinleme kazımak (yakmak)* denir.



Res. 2-1. Edison fonografin çalışma prensibi

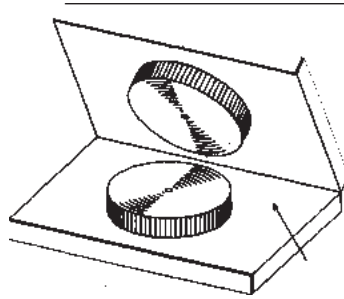
Ses taşıyıcı olarak gramofon plakı kullanıldığı zaman kesit yandan oyulmuştur. Oynatılmasından sonra plak sabit açsal hızla dönüyor ve bu arada her eş merkezli (konsantrik) dairenin radyal hızı farklıdır. Yan kazıma monofonik kaydetmede kullanılıyormuş, stereofonik kaydetmede ise derinleme ve yan kazıma karışımı kullanılıyor. Ses taşıyıcısının (gramofon plakın) fabrikasyonu kompleksli bir süreçtir. Gramofon plakların üretme süreçleri bloklar olarak Res.2-2'de verilmiştir. Gramofon plakın kaydetme süreci kompakt - diskin (CD) kaydetme sürecine benzerdir.



Res. 2-2. Gramofon plakın kaydedilmesi sırasında gerçekleşen süreçler

Önce ses teypçalar bantta kaydediliyor. Bu kayıt ondan sonra dinleniyor, düzeltiliyor yada müzikle, şarkıyla yada izleyicilerden alkış gibi farklı seslerle destekleniyor. Ondan sonra, bu şekilde işletilmiş kayıt *birinci plaka* kazınıyor.

Mekanik kayıttın kazınması yakıcı (brülör) olarak bilinen özel ve çok kompleksli cihaz yardımıyla yapılıyor. Yakıcı teypçalardan başlıyor, yakıcının başıyla bitiyor. Birinci plak dönüyor, bıçak ise folyoda yivler kesiyor. Bıçak başı folyonun ortasına doğru ötelenmeli hareket ediyor. Bıçak, baştaki hareket sistemiyle bağlıdır ve yakuttan yapıldır. Folyenin kazınmasından ve birinci plakın yapılmasından sonra, *negatif-matris* elde etmek için özel süreç uygulanıyor. Negatifi kullanarak birinci plak metalden yapılıyor. Metal plak kontrol etmek ve düzeltmek için kullanılıyor. Birinci plaktan, nikelden ikinci negatif yapılıyor ve bu negatif 3.000-5.000 plastik plak yaptırmak için kullanılıyor. Plastik plakların yapımı için kullanılan malzeme vinilklorür yada vinilasetat olabilir.



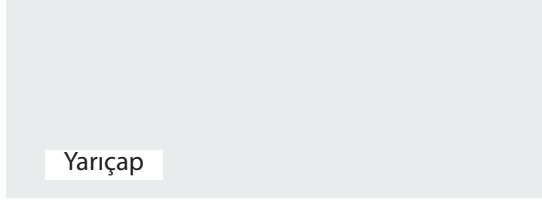
Res. 2-3. Matrisli baskı (presleme)

Gramofon plakların üretimi sırasında aşamalardan biri preslemedir. İki matris (biri plakın bir tarafı için kayıtlarla, diğeri plakın ikinci tarafı için kayıtlarla), Res.2-3'te gösterildiği gibi birbirine karşılıklı monte ediliyor. Alt-



taki matrisin ortasında ısıtılmış plastik tanecikleri koyuluyor. Sonunda yavaş yavaş soğutma süreci gerçekleşiyor ve bu şekilde plak elde ediliyor.

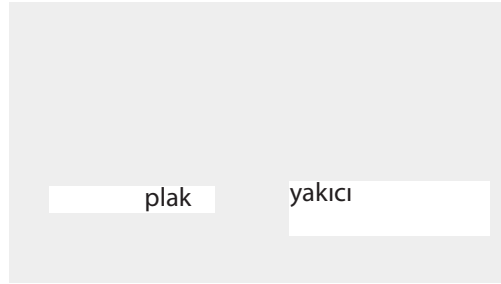
Gramofon plakların yivleri veya mikro kesmeleri var. Yivlerde gürültü seviyesi düşüktür. Plak küçük hızla dönüyor ve yivlerin küçük genişliği vardır. Böylece iğne ucuna daha küçük yarıçap sağlıyor. Böyle kesme monofon plaklarında olduğu gibi, **long-play plakların** (LP-plaklar) da yapımı için kullanılıyor. 30 cm çaplı bir long play plakta yivlerin uzunluğu 800m'ye kadar ulaşabilir. Yivlerin şekli ve boyutları Res.2-4'te gösterilmiştir.



Res. 2-4. Gramofon plaklarda yivlerin boyutları

Yivlerin kenar tarafları  $90^\circ$  açı oluşturuyor, yivler dibinin yuvarlatılmış şekli var.

Stereokesmesi da aynı öyle mikro kesmedir. Bir yivi vardır ve böylece aynı zamanda hem yandan hem dibine kazımak sağlanıyor. Sol ve sağ sinyalin toplamı yandan kazınıyor, onların farkı ise dibine kazınıyor. Res.2-5'te stereofonik kayıttın plaka kazıma prensibi gösterilmiştir.

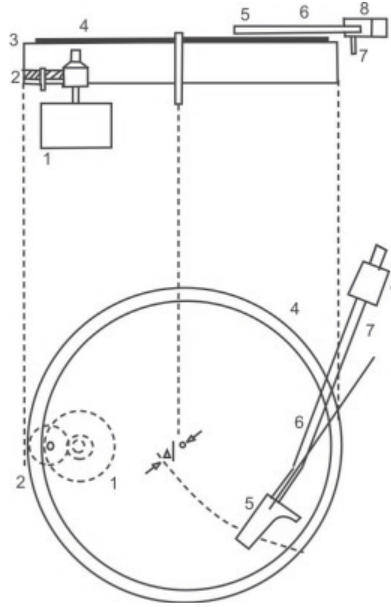


Res. 2-5. Stereofonik kaydetme sırasında kazıma prensibi

Aralarında  $90^\circ$  dereceli açı yaratan iki elektro mıknatısta, sol ve sağ kanaldan sinyaller getiriliyor,  $u_L$  ve  $u_R$  Onların etkisi keskiye (yakıcıya) iletiliyor.

### 2.1.1. Elektrikli Gramofon

**Gramofon** plakta kaydedilen sesin çalınmasına yardım eden cihazdır. Gramofonlar boyutları, yapıları ve özelliklerine göre birbirinden farklıdır. Gramofonlar için birkaç ayırım var. Ayırımlardan biri kullanma şekline göredir: ev kullanımı ve profesyonel kullanım için. Gramofonların başka ayırımları aktarma şekline göre, gramofon başına göre, iğneye göre vs. olabilir. Gramofonun ana parçaları Res.2-6'da gösterilmiştir.



Res.2-6. Gramofonun ana parçaları

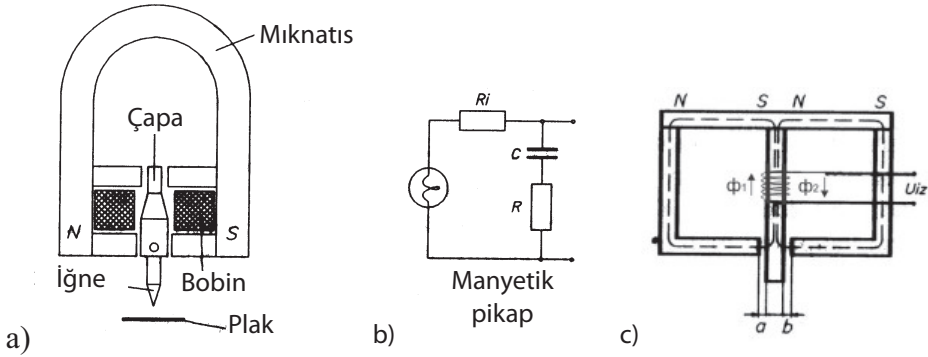
Elektromotor (1) dönüşler sayısı sürücüsü (2) aracılığıyla, gramofon plakın (4) yerleştirildiği büyük diski (3) hareket ettiriyor. Plakın yivinden iğne kayıyor. İğne bağlı olduğu elektromekanik dönüştürücüyle beraber ayrı bir kutuda yerleşmiş bulunuyor. Bu bütüne gramofon başı (5) denir. Gramofon başı sap (6) aracılığıyla etrafında döndüğü eksene (7) bağlıdır. Sapın diğer tarafında karşı ağırlık ayarlanmıştır. Onun hareket etmesiyle iğnenin plak üzerindeki basınç ayarlanıyor.

Mekanik kaydın oynatılması gramofon başı veya pikap yardımıyla gerçekleşiyor. **Gramofon başı** - İğnedeki mekanik titreşimi elektrik titreşimle-

re dönüştüren elektrimekanik dönüştürücüdür. Bu titreşimler ondan sonra güçlendiriliyor ve hoparlörden oynatılıyor. Enerjinin dönüştürüldüğü şekline göre, birkaç çeşit gramofon iğnesi vardır: mıknatıslı (manyetik), keramik ve kristal.

**Manyetik pikap.** Manyetik pikapın çalışma şekli, manyetik alanda hareket eden iletkenin uçlarında olan elektrik gerilimin endükleme prensibine temelleniyor. Tabii ki, aynı etki iletken duruken, mıknatıs hareket ederken de elde ediliyor. Buna göre iki tür manyetik pikap var: elektromanyetik pikap (moving magnet - MM) ve *elektrodinamik pikap* (moving coil - MC).

Elektromanyetik pikapta mıknatıs devresi dengeli köprü şeklindedir ve bu arada çapadan, hareket etmediği sırada manyetik akı (flüks) akmıyor. Çapanın durumunda değişiklik meydana gelirse, yani eksen etrafında dönmeye başlarsa, simetriden çıkacak ve manyetik akı değişmeye başlayacak. Manyetik akının büyüklüğü, çapanın yani iğnenin yer değişmesine bağlıdır. Elektromanyetik dönüştürücüde, endüklenen gerilim manyetik akının değişim hızına bağlıdır. Elektromanyetik pikabın çalışma prensibi ve onun için kullanılan simge Res. 2-7'de verilmiştir.

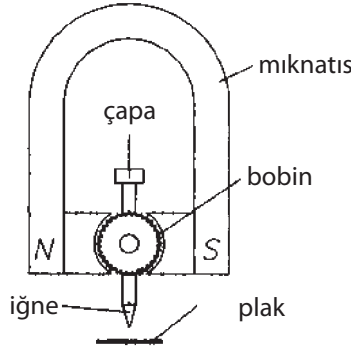


Res. 2-7. Elektromanyetik pikap: a) elektromanyetik pikabın yapısı;  
b) Elektromanyetik pikabın simgesi; c) çalışma düzeni

*Elektrodinamik pikapta*, hareket eden kısmı çapa adlandırıyoruz. Çapa o şekilde yapılmış ki, iğne hareket ederken, iğnenin kaymalı yivde bulunan

iletken manyetik endüksiyonun yönüne dik olarak hareket ediyor ve böylelikle endüklenen elektromotor gücü iletkenin yönündedir.

Çapanın bir yarısında bobinler bir yönde sarıktır, diğer yarısında ise ters yönde sarıktırlar. Dolayısıyla endüklenen elektromotor gücü bobinin her bölümlerinde fazdadır. Elektrodinamik pikapta da elektromotor gücü akının değişimiyle orantılıdır. Elektrodinamik pikap Res.2-8'de gösterilmiştir.

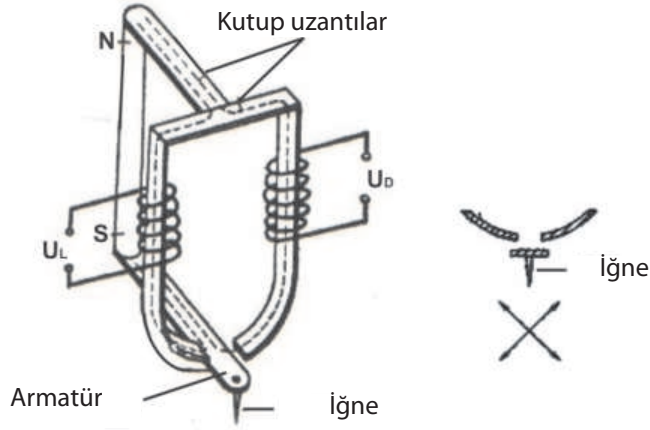


Res. 2-8. Elektrodinamik pikap

Elektrodinamik pikapın, elektromanyetik pikap gibi benzer özellikleri vardır. Bundan dolayı ikisi de oynatma cihazlarında eşit oranda kullanılıyorlar, üreticiler ise sürekli olarak onların kalitelerini ve özelliklerini geliştirme yarışındadır.

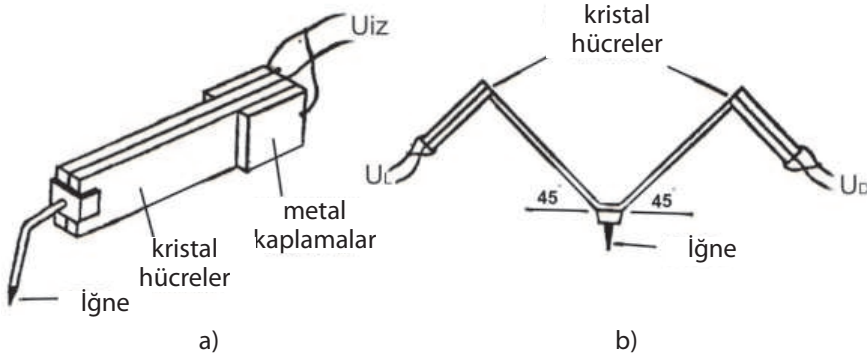
Yukarıda açıklanan manyetik hoparlörler monofonik sinyaller oynatıyorlar. Aynı prensip stereo kayıtın oynatılması sırasında da kullanılıyor.

*Stereopikapta* değişiklik birbirine dik yerleşmiş iki bobinin bulunmasıdır. Yapım sırasında özellikle iğnenin armatürle-çapayla bağlanmasına dikkat ediliyor (Res.2-9). İğnenin, kanallardan birinin yönünde hareket ederken ikinci kanalda elektromotor gücünün meydana gelmemesi çok önemlidir, çünkü aksi takdirde kanallar birbirine karışabilir. Duyulmanın zayıflaması 20dB'den daha büyük olmalıdır, daha kaliteli hoparlörlerde ise 35dB'e kadar olabilir. Stereofonik manyetik başının çalışma prensibi Res.2-9'da gösterilmiştir. Kesilmiş çizgiler kutup uzantılarda ve armatürde geçen manyetik akıdır.



Res. 2-9. Stereofonik manyetik pikabın çalışma prensibi

İğne, yivi takip ederek çok kompleksli hareketler yapıyor. Armatür kutup uzantılardan yaklaşıp uzaklaşıyor ve o şekilde uzantılardan akımlar değişkendir ve bobinlerde alçak frekanslı gerilim endükleniyor.



Res. 2-10. Mono ve Stereo kristal pikapın simgesi ve yapısı

Kristal ve keramik pikaplar piezoelektrik etkisiyle çalışıyorlar. İğnedeki titreşimler, (Res.2-10) kristal hücrelere aktarılarak, mekanik olarak biçim değiştiriyor, ve onların uçlarında  $U_z$  elektrik gerilim meydana geliyor. Keramik pikaplarda çıkış gerilim yakın  $0,5V$ 'dur, kristal pikaplarda daha büyük de olabilir. Onun için, pikaptaki gerilim doğrudan kuvvetlendiriciye gönderiliyor. Bu pikapların iyi tarafı dış engellere duyarlı olmamalarıdır, fiyatları da manyetik pikabın fiyatından daha düşüktür.

Yukarıda açıklanan pikaplar dışında, *piezodirençli malzeme* kullanan özel bir keramik pikap türü var. Bu malzemenin, etkileyen mekanik basınç değişiklikleri sırasında, elektrik direnci değişiyor. İğnenin titreşimleri kristale iletiliyor, böylece onun direnci plakta yazılmış olan sinyalin ritmiyle değişiyor. Bundan dolayı, kristaldeki elektrik hafifliyor ve değişken bileşik içeriyor. Bir rezistörün bu elektriği değişken gerilim üretiyor. Bu gerilim ondan sonra güçleniyor ve çoğalıyor.

Gramofon pikabın dışında, **gramofon iğneleri** de gramofonların önemli parçalarıdır. İğneler farklı yapay elmas türlerinden yapılıyor. Yuvarlanmış uçlu koni şekilleri vardır. Son yıllarda, olası biçim bozukluklarının azalması için, biradiyal(eliptik kesitli) iğneler ortaya çıkmış. Bu iğneler kırışıkların biçim değişimlerini daha iyi ve daha kolay takip edebiliyor ve daha iyi reproduksiyon sağlıyor. Modern gramofonlarda en sıkça rastlanan hızlar şunlardır: dakikada 16, 33 ve 1/3 yada 45 devir. Oynatma sırasında, plakın hızı sabit olmalıdır. Bundan dolayı disk büyüktür ve böylece daha büyük eylemsizlik anı sağlıyor ve bu şekilde ağ gerilimin kısa değişiklikleri sırasında bile disk sabit hızla dönecek.

Diskin hareketlenmesini dönmelerin iletim sisteminin elektromotoru sağlıyor. İletim şekline göre iki gramofon türü vardır: doğrudan tahrikli gramofonlar ve dolaylı iletim tahrikli gramofonlar. Doğrudan tahrikli (direct drive) gramofonlar *elektromotor eksenin diskle doğrudan bağlı olduğu gramofonlardır*. Dönme hızı büyük olmadığı için (dakikada 33 ve 1/3 devir, dakikada 45 devir), özel elektromotorun (servomotor) kullanılması gerekiyor. Bu motorlar iki gerilimle çalışıyor: biri tekyönlü gerilimdir ( $u_{DC}$ ) ve motora elektrik gücü vermek için kullanılıyor, diğeri ise değişimli (alternatif) gerilimdir ( $u_{AC}$ ) ve onun yardımıyla devirler sayısının yönetimi ve kontrolü gerçekleşiyor. Bu motorlarda, genelde, yönetme gerilimi ( $u_{AC}$ ) salıngaçtan elde ediliyor. Profesyonel gramofonlarda, kesin olarak belirlenmiş frekanslı kristal yardımıyla yapılmış salıngaç yanısıra, devirlerin sayısını kontrol eden ve onları düzelten elektronik devreler sistemi içeriyor. Bu şekilde yapılmış sistemlerin avantajı anma hızına ulaşmak için kısa zaman gerekli olmasıdır.

Dolaylı iletim tahrikli gramofonlarda, elektromotorun eksenine diske tekerlek aracılığıyla (Res.2-6) yada kemer (*belt drive*) aracılığıyla dolaylı (endirekt) olarak bağlıdır. Bu gramofonlarda devirlerin sayısı  $u_{AC}$  -gerilim güç kaynağı yada mekanik sistemle kontrol ediliyor. Bu tür gramofonların iyi tarafı, hızın ek düzeltilmesine gerek kalmamasıdır. Hızın düzeltilmesi büyük diskin durağanlığıyla sağlanıyor. Motordan titreşimler kemerdan kısmen kayboluyor.

Pikap, plak üzerinde hareket ederken, sap uzunluğu ile belirlenen bir dairesel yay yapıyor. Pikapın eksenine, sadece bir yerde yivine teğetiyle denk geliyor, tüm diğer eşmerkezli dairelerde ise belli bir açı için sapma meydana geliyor ve bundan dolayı sap  $25^\circ$  açı için kıvrılıyor. Bazı profesyonel gramofonlarda, *teğet sapsar* kullanılıyor. Bu gramofonlarda, iğnenin her zaman dairenin verilen noktasında teğetin yönünde olmasını sağlamak amacıyla, pikap ayrı bir mekanizmada yerleşiyor. Bu gramofonların, iğnenin çalışması için, çok isabetli mekanizmaları ve kompleksli elektronikleri vardır. Ayrıca, biçim bozuklukları çok küçüktür, ancak fiyatları yüksektir.

### 2.2. MANYETİK SES KAYDI

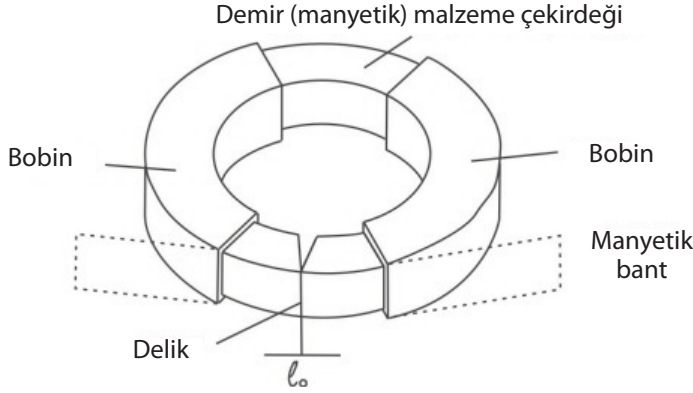
**Manyetik ses kaydı**, sesin ses taşıyıcısına (manyetik bantta) kalıcı olarak yazılmasıdır.

Manyetik kaydetme, mekanik kaydetmeden çok daha geç meydana gelmiş. Manyetik kaydetme için ilk fikirler 1888 yılından geliyor. Danimarkalı Pulsen telegrafon denilen cihazla ilk pratik gerçekleştirilmiş. Telegrafon kaydetme ortamı olarak, yazdırılan sesin yani kaydedilen sesin şiddetine bağlı olarak farklı mıknatıslanmış bir çelik telden oluşuyormuş. Bu şekilde kaydedilen sinyal çok zayıfmış, o dönemde ise kuvvetlendiriciler hala yokmuş. Daha geniş kullanım, yüksek frekanslı alan yardımıyla önmıknatıslamanın tanıtıldığı dönemde, 1941 yılında başlamış.

İlerleyen yıllarda, çelik tel yerine ses taşıyıcı olarak, kağıt tabağına dökülen demir taneciklerden ince tabaka kullanılmaya başlamış ve daha sonraki gelişimlerle plastik bantla değiştirilmiş.

### 2.2.1. Manyetik Ses Kayıt İlkesi

*Manyetik kaydetme, iletkenden elektrik gücün aktığı sırasında manyetik alanın oluşma ilkesine temelleniyor. Manyetik alan ses taşıyıcının kalıcı mıknatıslanması için kullanılıyor. Taşıyıcı kolay mıknatıslanan malzemenin taneceklerini içeren manyetik banttır. Bant, ferit (demir tuzu) çekirdeğin deliği önünden sabit hızla hareket ediyor (Res.2-11).*

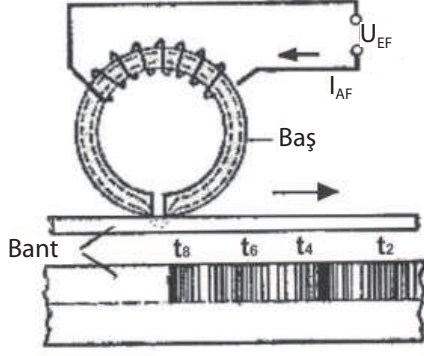


Res. 2-11. Kasetçalar başı ve manyetik bant

Ses üretimi sırasında, süreç ters yönde gerçekleşiyor. Mıknatıslanan taşıyıcısının akısı bobinde elektromotor gücü endükleliyor.

*Manyetik süreçle kaydetme ve ses üretme gerçekleştiren komple cihaz, genelde **kasetçalar** olarak adlandırılıyor. Kasetçaların ana parçası kasetçalar başıdır. Onunla kaydetmek ve kaydedilen malzemenin reproduksiyonu yapılıyor. Kasetçalar başı, çekirdeği ferromanyet malzemeden yapılmış torus (halka) şekilli elektromanyettir (Res.2-11). Çekirdek ince delikli birkaç tabaktan oluşuyor. Çekirdekte bobin sarılmıştır ve kenarları mikrofonun bağlantılarıyla bağlıdır ve  $u_{AF}$  değişken gerilim elde ediliyor. Bobinden  $i_{AF}$  elektrik gücü akıyor (Res.2-12). Kaydetme sırasında dar deliğin ( $l_0$ ) rolü, kaydetme sırasında bantın başından manyet güç çizgilerini kıvrırmak, ses üretimi sırasında ise güç çizgilerinin bobinde kapatmalıdır. Kaydedilmenin ve ses üretiminin gerçekleştiği manyetik alan kaydedilen ses sinyalin ritmiyle değişiyor.*





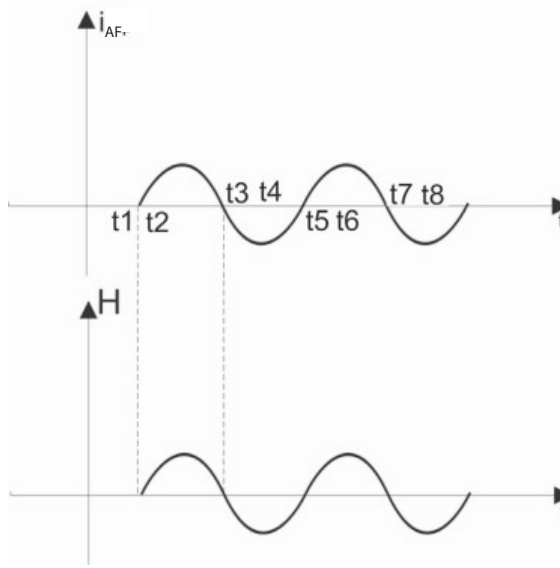
Res. 2-12. Ses taşıyıcının mıknatıslanması

Manyetik alan kaydedilen sesin manyetik resimini tanımlıyor. Torus çok küçük manyetik dirençli malzemeler olan nikel alaşımı yada mu-metalden yapılıyor. Bu manyet direnci havanın direncinden çok daha küçüktür ve onun için pratikte tüm manyetik alan torustadır. Bu alanın çizgileri kesilmiş çizgilerle gösterilmiştir.

Ses taşıyıcısı *toz şeklinde manyetik malzemelerden ince tabaka dökülmüş plastik banttır*. Banta dökülen toz demir oksidi yada benzer olabilir. Kaydetme sırasında, bant başın deliğine yatıyor ve o zaman alanın çizgileri delikten değil de banttan kapanıyor, çünkü onların manyetik direnci havanın direncinden daha düşüktür. Delik ne çok geniş ne de çok dar olmalıdır, çünkü her iki durumda biçim bozuklukları meydana gelir. Delik darırsa, o zaman manyetik kuvvet çizgileri banttan kapanmayacak, sadece delikte kapanacak. Eğer delik genişse, o zaman yüksek frekanslı sinayellerin zayıflanması meydana gelir. Bundan dolayı, baş deliğinin kalınlığı onluk mikronlar sırasındadır.

Res.2-13'ten alanın oluşturduğu elektrikten doğrudan orantıda olduğu görünüyor. Delikten önce bant ok yönünde hareket ediyor.  $t_1$  zamanında delikten önce olan tanecikler mıknatıslanmamış çıkacak. Sonraki zaman dilimlerinde delikten geçen tanecikler giderek daha mıknatıslanmış olacak. En çok  $t_2$  anında geçen tanecikler mıknatıslanmış olacak. Ondan sonra taneciklerin mıknatıslanması giderek azalıyor, öyle ki  $t_3$  anında delikten önce bulunan tanecikler yeniden mıknatıslanmamış çıkacak. O anda elektrik, ve

beraberindeki alan da, yönünü değiştiriyor, öyle ki gelen tanecikler ters yönde mıknatıslanmış olacak. Çıktıktan sonra her tanecik küçük mıknatıs gibi davranıp, kendine ait kuzey ve güney kutubu bulunur. Bir yarım periyot süresinde oluşan tüm mıknatısların bir yönde yönelik alanları vardır ve diğer yarım periyotta ters yönde yönelik alanı var.



Res. 2-13. H alan kuvvetinin,  $i_{AF}$  mıknatıslama elektrik gücünden zaman bağımlılığı

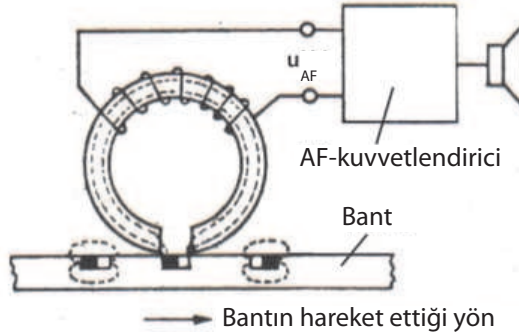
Bantın mıknatıs başından önce sabit hızla hareket etmesi gerekiyor. Daha eski yapılarda, bantın hızı 76,2cm/s'miş. Bugün bant kalitesinin ilerlemesiyle şu bant hızları standardlanmıştır: 38,1cm/s, 19,5cm/s, 9,5cm/s, 4,75cm/s, hatta 2,4cm/s.

Banta kaydetmek, diğer ses kaydetme yollarına kıyasen önemli fark, bantın ses taşıyıcısı olarak fazla kez kullanılabilmesidir. Diğer kaydetme yollarında aynı ses taşıyıcının silinip yeniden yeni kayıt için kullanılması olanığı yoktur, manyetik kayıta ise bu olanak mümkündür. Bugün kayıtların silinmesi ultrases frekans yardımıyla gerçekleşiyor, yada alçak frekanslı silmek (30Hz'ten 60Hz'e kadar) uygulanıyor.

Oynatma sırasında, bant başlangıca dönüyor ve kasetçalar başı önünde kayıttın yapıldığı hızla hareket ediyor. Bobinin uçları mikrofon girişleri yerine AF-kuvvetlendiricinin girişine bağlanıyorlar (Res. 2-14).

Bu durumda, delikten önce farklı mıknatıslanmış tanecikler geçecek. Böyle bir mıknatıs (tanecik) delikten önce gelince, onun alan çizgileri torusta kapanıyor, çünkü onda oluşan manyetik direnç havadaki dirençten çok daha düşüktür. Bu şekilde alanın çizgileri bobinden geçiyor.

Bant sürekli hareket ettiği için, mevcut mıknatıs gidiyor, onun yerine sıradaki mıknatıs geliyor ve torusta onun alanı oluşuyor. Taneciklerin, farklı yönlü ve kuvvetli alanlarla mıknatıslanmış olduklarını göz önüne alarak, bant hareket edince, torusun da alan kuvvetinin sürekli değişeceği kolayca anlaşılıyor. Bu değişken alan bobinde değişken kuvveti ve yönlü gerilim endüklüyor. Bu gerilim, şekil açısından, kaydetme sürecinde bantın mıknatıslanmasını etkileyen  $u_{AF}$  gerilimle aynıdır.



Res. 2-14. Manyetik kayıdın oynatma prensibi

Kaydetmek ve silmek için malzemelerin mıknatıslama ve mıknatıslığı bozma fizik süreçleri uygulanıyor. Mıknatıslanmış tanecikler sadece kaydetme başın yanında geçiyorlarsa, biçim bozuklukları meydana geliyor. Biçim bozukluklarının düzeltilmesi ön-mıknatıslamayla gerçekleşiyor, öyle ki banttaki tüm tanecikler mıknatıslanmamış oluyor.

**Önmıknatıslama** birkaç onluk kHz frekans sırasından, yüksek-frekanslı elektrik gücü yardımıyla gerçekleşiyor. Bu sinyalin etkisi altında, banttaki tanecikler delikten mıknatıslanmamış olarak çıkıyor. Bantın silin-

mesi, önmıknatıslamada olduğu gibi, yüksek frekanslı sinyal ile gerçekleşiyor. Bant silindiği zaman, tüm tanecikler, ne kadar mıknatılanmış oldukları önemli olmadan, doyum noktasına geliyor ve ondan sonra silme başın deliğinden mıknatıslanmamış olarak çıkıyor.

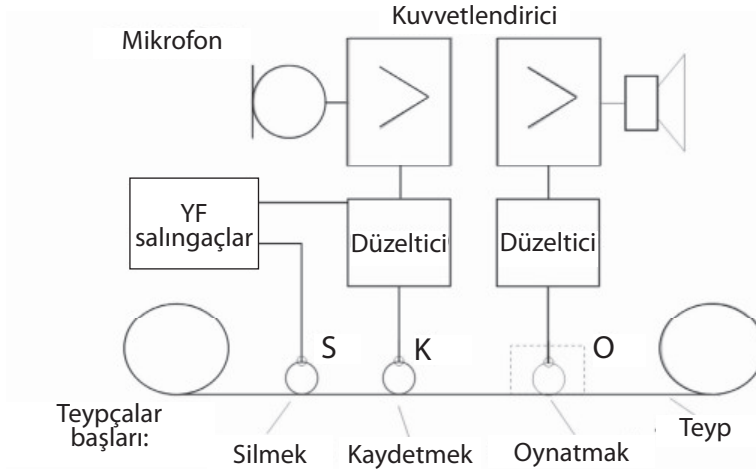
### 2.2.2. Teypçalarlar

**Teypçalar** manyetik banttın manyetik kayıttın kaydedilmesi, oynatılması ve silinmesi gerçekleşen cihazdır.

Günümüzde farklı teypçalar türleri kullanılıyor. Onlar kullanıldığı yere, çıkış özelliklerine vs. göre ayrılabilirler. Profesyonel amaçlar ve stüdyo kayıtları için manyetik bant çalarlar kullanılıyor, hergünlük kullanım için kasetçalarlar kullanılıyor, konuşma reproduksiyonu (okullar, gazetecilik) için ise diktafonlar kullanılıyor.

Tüm bu manyetik kaydetme cihazlarının ortak ana parçaları şunlardır: baş, ses taşıyıcı-teyp, mekanik parçalar ve kuvvetlendirici.

**Teypçalar başları.** Üç baş türü vardır: *silme için (S)*, *kayetmek için (K)* ve *oynatmak için (O)*. Onlar, aynı bu sıralamayla, banttın geçtiği yolda yerleşiktir (Res.2-15).

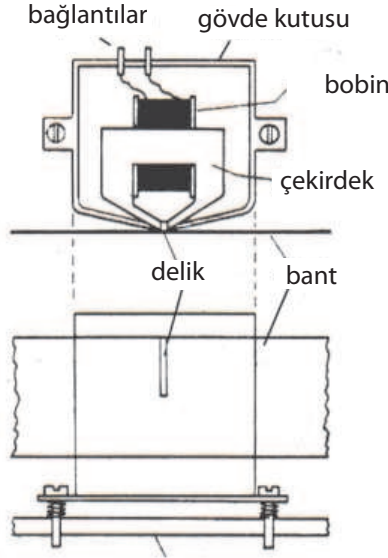


Res. 2-15. Sesin manyetik kaydetmenin blok-modeli

Teypçalar başına salıngaçtan yüksek frekanslı sinyal geliyor. Kaydetmek için teypçalar başına YF-salıngaçtan silme sinyalinin ve yazmak sin-

yalının frekansına eşit frekanslı sinyal getiriliyor. Oynatma başı bantın hareket ettiği yolda sonunda bulunan teypçalar başıdır. Oynatma başı çok hassastır ve bantın zayıf mıknatıslamasına bile karşılık veriyor.

Hassas olduğundan dolayı genelde kapalı ve dış manyetik alanların etkisinden korunuktur. Bu üç özel baş sadece profesyonel teypçalarda kullanılıyor. Ticari cihazlarda, hem kaydetmek hem oynatmak için genelde aynı baş kullanılıyor. Buna göre, iki baş kullanılıyor – *bir baş kaydetmek ve bir baş oynatmak için* (K/O ve diğeri silmek için S). Manyetik teypçalar başın görünüşü Res.2-16'da gösterilmiştir. Çekirdeğin deliğinde, manyetik akısını etkilemeyen ve deliğin zamanla kapanmasına yol açabilen toz şeklinde kirlilikleri delikte (banttan ovuşturmakla) toplanmasını engelleyen, mıknatıslanmayan malzeme koyuluyor (örneğin bakır). Kirlenme durumunda, manyetik alanın çizgileri manyetik toz üzerinde kapanırlar ve kayıtlar zayıf olurlar (aynı etki temiz olmayan başla elde ediliyor).

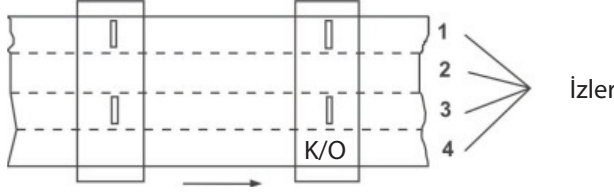


Res. 2-16. Manyetik teypçalar başı

Res.2-16'da gösterilen baş, *monofonik manyetik teypçalarda* kullanılıyor. Önce bantın yarısı kaydediliyor, ondan sonra ise makaraların yerini değiştirerek bantın diğer yarısı kaydediliyor. Stüdyo manyetik

teypçalarlarda, bantın tüm genişliğinde kaydetmeyi sağlayan, daha uzun delik kullanılıyor. Bu şekilde çok kaliteli kayıt elde ediliyor.

Manyetik kaydetmede *stereofonik ve çokkanallı kayıtlar*, aynı şekilde bir banttadır. Bantta aynı zamanda iki yada fazla ses izleri yazılıyor. Onları iki çekirdekli ve iki ayrı bobinli olan birbirine bağımsız iki baş yazdırıyor.



Res. 2-17. Dörtkanallı ve stereofonik manyetik teypçalarda başların pozisyonu

Res. 2-17'de stereofonik kayıt sırasında başların ve izlerin pozisyonları gösterilmiştir. Sol kanaldan gelen sinyal birinci izde kaydediliyor, sağ kanaldan gelen sinyal ise üçüncü izde yazılıyor. Bantın diğer tarafının kaydedilmesi sırasında, sol kanaldan sinyal dördüncü izde, sağ kanaldan ise ikinci izde kaydediliyor (bantın yeniden birinci tarafa koyduğumuzda tekrar birinci ve üçüncü izde kaydediliyor).

Bantın dokunduğu baş kısmını arada sırada temizlemek gerekiyor, çünkü bu kısımda bantan ferromanyetik malzemeden tanecikler ve toz biriyor. Manyetik teypçalar başları yüksek omlu ve alçak omlu olabilir.

**Ses taşıyıcısı** olarak genelde plastik maddeden bant kullanılıyor. Bu bant sert manyetik malzemeden manyetik tozunun kaplandığı yatak olarak kullanılıyor. Böyle sert manyetik malzemeler nikel eklenmiş demir oksitler ve benzer malzemelerdir. Daha geniş frekans kapsamı ve daha az gürültü sağlayan kromdioksit tabakalı bantlar da kullanılabilir. En kaliteli bantlardan biri, saf metalden tabakayla kaplanmış bantlardır. Manyetik malzemeler sadece bir tarafta sürünüyor, o da bantın manyetik teypçalar başını dokunan taraftır.

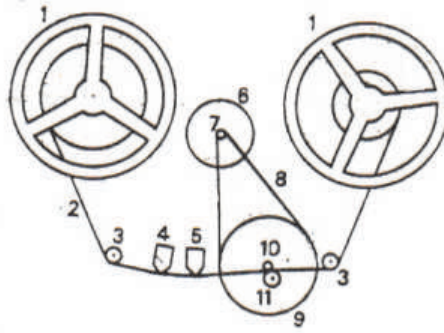
Profesyonel manyetik teypçalarlarda ferromanyetik malzemelerin kalınlığı 25µm ile 30 µm arasındadır, hassas tabakanın kalınlığı ise 10 ile 20µm arasındadır. Buna göre, manyetik teypçalar bantının kalınlığı yaklaşık 50µm'dir, genişliği ise 6,25mm'dir. Ticari amaçlar için (kasetçalarda) daha da ince bantlar kullanılıyor. Standart bantın genişliği 3,81mm'dir. Hassas ta-

baka, yani ferromanyetik malzemenin, 0,12'den 1 $\mu$ m'ye kadar boyutları olan taneli yapısı vardır. Onlar hacmin 25-30% oluştururken, kalanını özel yapıştırıcılar oluşturuyor.

Bant, kayda zarar verebilen kuvvetli manyetik alanlardan (hoparlör, elektrik iletkenler vb) yeterince uzak mesafede tutulmalıdır.

*Manyetik teypçaların ana mekanizma kısmı onun işletme mekanizmasıdır.* Bu mekanizma bantın başın önünde sabit hızla hareket etmesini sağlamalıdır. Ayrıca, işletme mekanizma, bandın iki yönde hızlı sarılmasını, kayıtın durdukları zaman makaraların hemen durmasını, bantın başlara iyi yatmasını ve bantın sert ve düzgün sarılmasını sağlar.

Geniş kullanımlı teypçalarda bandın hareket etmesi Res.2-18'de gösterilmiştir. Bandın başlar önündeki hızı sabit olmalıdır. Sabit hız şu şekilde gerçekleşiyor: lastik kemerin (8) yardımıyla, elektromotor(6) ekseninin (7) hareketi diske (9) taşınıyor. Bant diskin eksenini (10) ile lastik tekerleğin(11) arasından geçiyor. Eksen (10) sürekli hareket ediyor, ancak tekerlek (11) uzak olunca, bant duruyor.

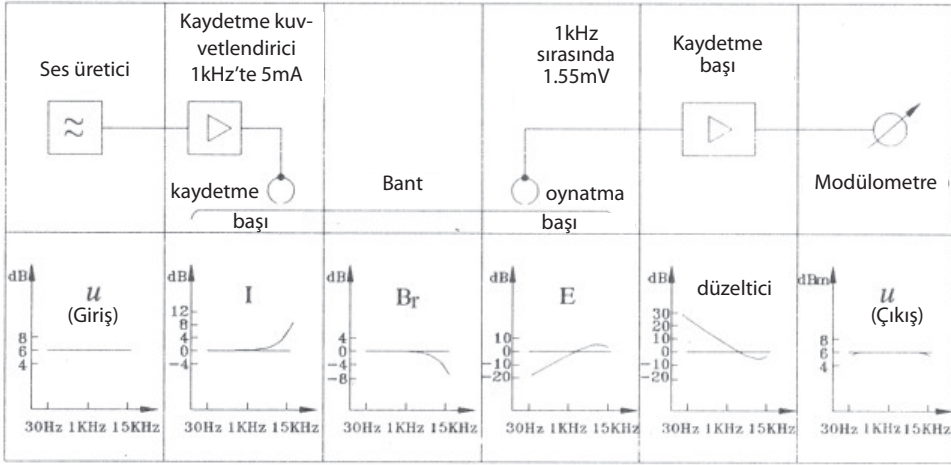


Res. 2-18. Teypçalarda bandın hareket etmesi

Kaydetme yada oynatma başlatan düğmenin bastırılmasıyla, lastik tekerlek yayın yardımıyla diskin eksenine sıkıca yatıyor, tekerlek hareket etmeye başlıyor, onunla beraber bant da hareket etmeye başlıyor. Bantın etkisi altında, sol makara açılıyor, ancak belirli bir ovulmayla, öyle ki bantın çekme eylemi durunca makara da duruyor. Sağ makarayı elektromotor hareket ettiriyor, ancak mekanik bağ, bantın durmasıyla gerginlik yaratmayacak şekilde yapılmıştır. Makaraların sıkıca bağlanmaları mümkün değildir, çünkü sarma ve oynatma sırasında açılma hızı sürekli değişiyor (makarada bant miktarı sürekli değişiyor, böylece sarılan bantın çapı da değişiyor).

Bantların hızı standartlaştırılmıştır. Kasetçalarlar için 4,75cm/s'den başlayarak, 9,5cm/s, 19cm/s ve 38cm/s'e kadar değişiyor. Sadece konuşma kaydetmek için teyplerde (diktafonlarda) 2,38cm/s hızı kullanılıyor. 4,75cm/s'lik hızla 7kHz'e kadar frekanslı sesler, 9,5cm/s hızla 15kHz frekanslı sesler ve 19cm/s hızla 20kHz'e kadar frekanslı seslerin kaydedilmesi mümkündür. Geniş kullanım için 9,5cm/s hız oldukça yeterlidir ve onun için en geniş çapta kullanılıyor.

Motor eşzamanlı yada eşzamansız olabilir, elektrik kaynağı ise ya ağ geriliminden yada dahil edilmiş kararlı gerilimden geliyor. İşletme mekanizmasından kaynaklanan bant hızının duraksamaları gürültünün meydana gelmesine neden olabilir. Bu duraksamalar profesyonel cihazlarda 1%'den daha az olmalıdır. Alçakfrekanslı kuvvetlendirici manyetik başların çıkışından sinyalleri güçlendiriyor. Onun iletim özelliği; *uygun yükseltme yada bastırma devreler* eklenip değişebilir.



Res. 2-19. Frekans özellikleri

Kaydetme başlarında, yüksek frekanslar için güçlenme özelliğinin düzeltilmesine gerek var. Bu özellik bant türüne olduğu gibi kaydetme başına da bağlıdır. Bandın remanent (kalıcı) mıknatıslığı, yani yazılan mıknatıs akısı düzeleniyor, kuvvetlendirme ise ayarlanıyor. Akı, yüksek frekanslarda düşecek şekilde düzeleniyor.

Yüksek frekanslar sırasında meydana gelen kayıplar, kısmen kaydetme kuvvetlendiriciyle, kısmen de oynatma kuvvetlendiriciyle düzeltiliyor-

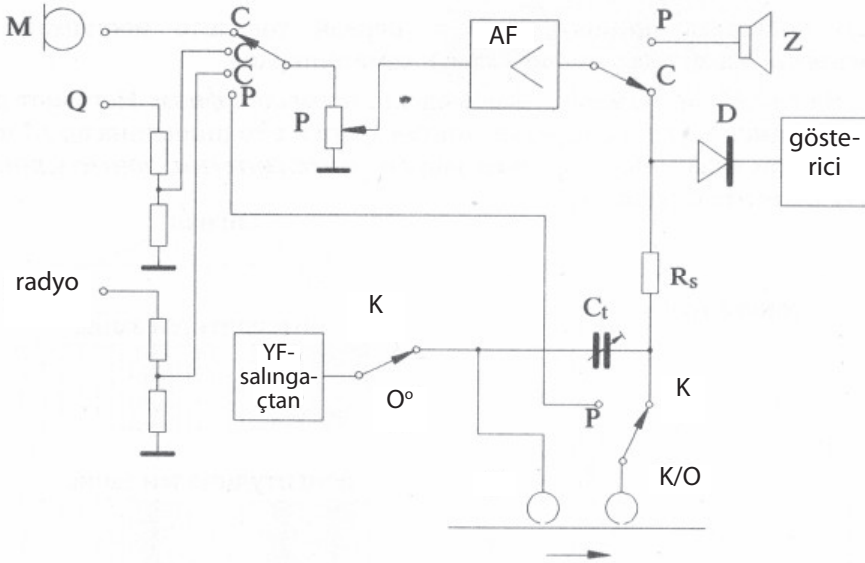


lar. Manyetik kaydetmede, kaydetmeden oynatmaya kadar tüm sistemin frekans özelliği Res.2-19'da verilmiştir.

En kaliteli kasetçalarda ve en kaliteli bantlarda bile sinyal/gürültü (S/N) oranı 60dB'e kadardır, manyet teypçalarda 75dB'dir, Hi-Fi oynatmasında ise gereken S/N oranı 90dB'dir. Bu sinyal-gürültü oranının düzeltilmesi için, yani gürültünün azalması için kullanılıyor. Günümüzde *birkaç gürültü azaltma* sistemi kullanılıyor. **DOLBY-B, DOLBY-C, DOLBY-A, DBX-I ve DBX-II**. Tüm bu sistemler, kaydetme sırasında sinyal dinamiğinin sıkıştırması, oynatma sırasında ise sinyalin genişlemesi prensibine göre çalışıyorlar.

### 2.2.3. Manyetik teypçaların Blok-Modeli

*Geniş kullanım için monofonik teypçaların blok-modeli* Res.2-20'de gösterilmiştir. Anahtarlar K durumundayken *kaydetme gerçekleşiyor*, O pozisyonunda ise *oynatma gerçekleşiyor*.



Res.2-20. Manyetik teypçaların blok-modeli

Mikrofonla kaydedildiği zaman, uçlarındaki gerilim doğrudan AF-kuvvetlendiriciye iletiliyor, Gramofondan ya da radyodan kaydetme sırasın-

da ise direnç ayırıcı olarak atenuatörler (zayıflatıcılar) kullanılıyor, öyle ki mikrofonun verdiği gerilimden çok daha düşük gerilim elde ediliyor.

AF-gerilim kuvvetlendiriliyor ve  $R_s$  rezistörün aracılığıyla K/O ile işaretlenen kaydetme başına götürülüyor. Aynı baş hem kaydetme hem oynatma için kullanılıyor ve bu yüzden K/O olarak işaretleniyor. AF-gerilimin bir bölümü D diyodun aracılığıyla seviye göstericisine gönderiliyor. Göstericinin yardımıyla görsel olarak kaydedilen sinyalin büyüklüğü kontrol edilebiliyor, öyle ki kaydetme dinamik karakteristiğinin doğrusal kısmında gerçekleşiyor. Sinyalin büyüklüğü potasyometre ile ayarlanıyor. Gösterici genelde küçük WU-metre'dir (voltmetre). Enstrumanın iğnesi en yüksek sinyaller sırasında, genelde kırmızı çizgiyle işaretlenmiştir ve en yüksek değeri aşmazsa kayıt iyi olacak.

AF-gerilim dışında, kaydetme başına YF-salıncağtan gerilim de getiriliyor ve onunla önmiknatıslama yapılıyor. Bu gerilim büyüklüğü  $C_t$  trimmerin yardımıyla ayarlanıyor. Eski kaydın silinmesi de aynı öyle, AF-gerilimle yapılıyor.

Oynatma sırasında, bant başlangıca dönüyor ve baş önünden kaydedildiği gibi aynı hızla geçiyor. Anahtarlar O durumdadırlar, AF-sinyali ise K/O oynatma başından AF-kuvvetlendiriciye gönderiliyor ve hoparlörle oynatılıyor.

### 2 ÖZET

- ❖ Ses kaydetme, sesin bir ortamda kesin olarak belirlenmiş şekilde yazılması sürecine deniyor, ve o kayıt fazla kez oynatılabilir;
- ❖ Kaydedilen sesin şekline göre sesin analog kaydetme ve sesin dijital kaydetme cihazları vardır;
- ❖ Sesin manyetik kaydedilmesi,sesin ses taşıyıcısı olan gramofon plakına mekanik yoluyla kalıcı yazılmasıdır. Gramofon plakta kaydedilen sesin oynatılmasına yardımcı cihazdır. Mekanik kaydın oynatılması gramofon başıyla yada pikapla yapılıyor. Gramofon başı, iğnenin mekanik titreşimlerini elektrik titreşimlere dönüştüren elektromekanik dönüştürücüdür;
- ❖ Manyetik kaydetme elektrik gücün iletkeninden aktığı sırada manyetik alanın oluşması ilkesine temelleniyor. Ses taşıyıcı, toz şeklinde bir manyetik malzemeden ince bir tabakanın bulunduğu plastikten yapılmış banttır. Manyetik teypçalar, manyetik banttın manyetik kaydın kaydedilmesini, oynatılmasını ve silinmesini yapan cihazdır;
- ❖ Sinyal-gürültü oranının geliştirilmesi için, yani gürültü seviyesinin azalması için, günümüzde DOLBY gürültü azalma sistemleri kullanılıyor.

## SORULAR VE ÖDEVLER:

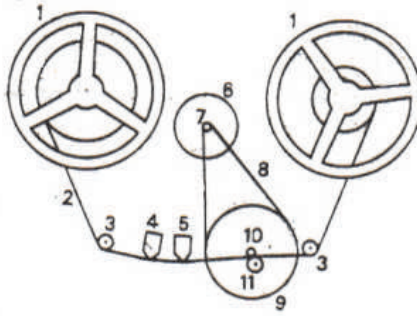
1. Ses kaydetmek nedir?
2. Sesin klasik – analog kaydedilmeleri hangileridir? Aralarında fark nedir?
3. Gramofon plakına kaydetme sürecini açıkla! Monokayıt ve stereokayıt için mikrokasetlerin kıyaslamasını yap!
4. Gramofon plakında müzik sinyalin yazılması sırasında yakıcı nasıl hareket ediyor?
5. Elektrik gramofonun ana parçaları hangileridir?
6. Elektrodinamik ve elektromanyetik pikapın arasında fark nedir?
7. Manyetik pikapın frekans özelliği nasıldır ve nasıl düzeltiliyor?
8. Sesin manyetik kaydetme prensibini açıkla!
9. Analog manyetik bantların standart hareket hızları hangileridir?
10. Yüksek frekanslı ön mıknatıslama nedir ve nasıl gerçekleşiyor?
11. Kaydetme başına  $i=5\sin(2\pi \cdot 1000 \cdot t)+4\cos(2\pi \cdot 1000 \cdot t)$  ile verilmiş yüksek frekanslı elektrik varsa, taneciklerin mıknatıslama sürecini çiz.
12. Kaydetme başında konuşma sinyali ve yüksek frekanslı elektrik oluncaya taneciklerin mıknatıslama sürecini çiz!
13. Hangi ses taşıyıcıları (analog kasetleri) vardır? Onların yapısal veriyonları ve özelliklerini açıkla! Frekans özellikleri açıklansın

### Cümlelerin doğru olması için boşlukları doldur!

- Gramofon başı \_\_\_\_\_ 'dan \_\_\_\_\_ 'a dönüştürücüdür
- Manyetik pikapta direnç birkaç \_\_\_\_\_.
- Manyetik yoluyla kaydetme ve oynatma gerçekleştiren cihaza \_\_\_\_\_ denir.
- Sesin manyetik kaydedilmesi için ticari cihazlarda, bir baş \_\_\_\_\_ içindir, diğeri ise \_\_\_\_\_ içindir.

**Doğru cevabı çevrele!**

- Manyetik kaydetme sırasında, sesin kaydı neyin üzerine yapılıyor?
  - o gramofon plaki
  - o manyetik bant
  - o CD
- Gramofon iğneleri koni şeklinde yapay elmasan yapılıyor. Onun ucu:
  - o sivridir
  - o oval şeklindedir
  - o kavislidir
- Elektromanyetik pikapın hareketli kısmı hangisidir:
  - o çapa
  - o bobin
  - o mıknatıs
- Stereofonik kayıta dört izden hangi iki iz sol kanal içindir:
  - o 1 ve 3
  - o 1 ve 2
  - o 1 ve 4
- Aşağıdaki resime bakarak, verilen terimleri uygun sayıyla işaret et.



- elektromotor ( )  
lastik tekerlek ( )  
kemer ( )  
disk ( )  
manyetik bant ( )

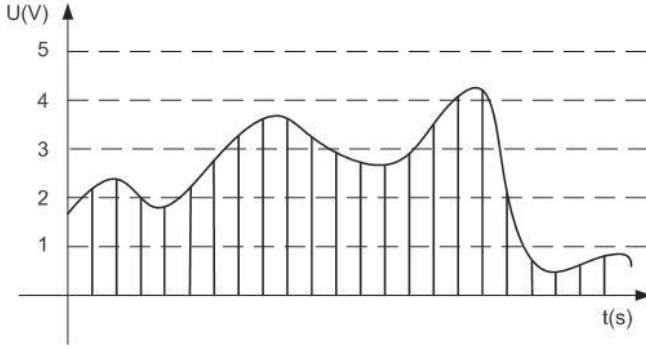
### 3.

## DİJİTAL SES KAYIT CİHAZLARI

**S**es sinyallerin gürültüye hassas oldukları dezavantajları vardır. Kayıtların nispeten alçak sinyal-gürültü (S/N) oranları vardır ve kayıtların kalitesi zamanla geçtikçe azalıyor. Bundan dolayı, ses sinyalin başka bir şekilde, yazılmasına geçilmiş, o da doğasına göre analog sinyalleri olan dijital kayıttır. Dijital kayıtlı yüksek sinyal-gürültü oranlı kayıttır ve kayıt ikili kod şeklindedir

### 3.1. SİNYALLERİN DİJİTALLEŞMESİ

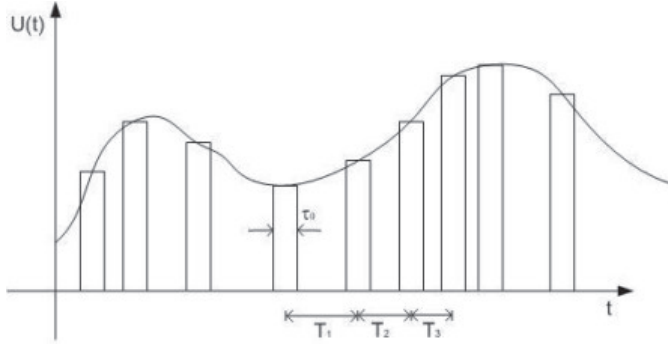
Analog sinyalin, dijital olarak tanımlanması için onun işletilmesi gerekiyor, işletme sürecine ise A/D dönüştürme (analog – dijital dönüştürme) denir. A/D dönüştürmesi üç adımda gerçekleşiyor **Örnekleme alma, nicelleme ve kodlama.**



Res. 3-1. Düzgün örnekleme almak

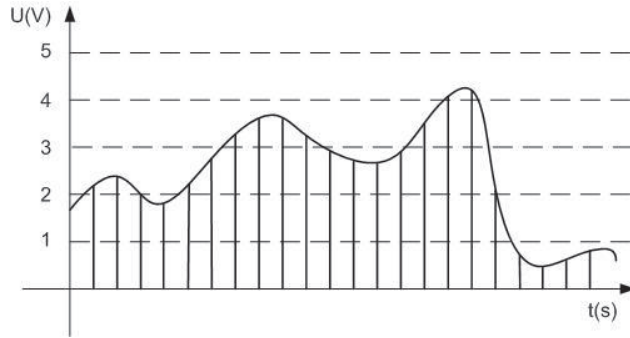
**Örnekleme alma** süreci, sinyalin mevcut değerinin alınması (okunması) demektir. İki örnekleme arasında zaman ( $T_0$ ) eşit olunca, o zaman düzgün örnekleme alma sözkonusudur (Res. 3-1), her örnekleme arasında

zaman süresi farklıysa  $T_1 \neq T_2 \neq T_3$ , o zaman örnekleme alma düzgün değildir (Res. 3-2).



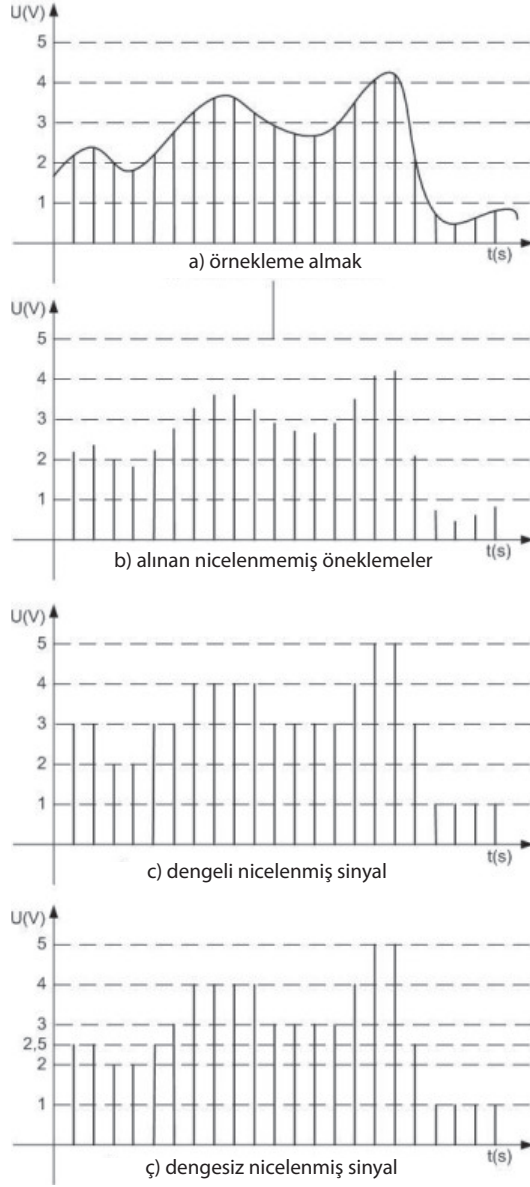
Res. 3-2. Düzgün olmayan örnekleme almak

Örnekleme alma zamanını  $\tau_0$  ile işaretliyoruz ve teorik olarak bu zaman sonsuz küçük olabilir (Res.3-3), pratikte ise bu zaman olabildiği kadar kısa olmalıdır. Başka adıyla sampling olarak bilinen örnekleme almak, zaman biriminde örnekleme sayısı ile ifade ediliyor, Hz ile ölçülüyor, ses sinyalleri için değeri ise 44,1kHz'tir.



Res. 3-3. Örnekleme almak

İkinci adım nicelemektir. Alınan örnekleme değerlerinin **nicelenmesi**, alınan örnekleme değerinin yuvarlamasını tanımlıyor. Nicelemenin, sinyalin alabileceği izin verilen seviyeleri ya da değerleri vardır. Örnekleme alınınca, onun değeri izin verilen birinci daha büyük değere yuvarlanıyor (Res.3-3'te izin verilen değerler kesilmiş çizgilerle işaretlenmiştir).



Res. 3-4. Sinyalin nicelenmesi

Bir seviye ve sıradaki seviye arasındaki adım, niceleme adımı olarak adlandırılıyor (izin verilen değerler arasındaki mesafe) ve  $\Delta U$  ile işaretliyoruz. Nicelemeyi düzgün ve dengesiz olmak üzere ikiye ayırıyoruz (Res.3-4). Düzgün nicelemek, niceleme adımının her zaman eşit olduğu demektir, dengesiz nicelemede ise niceleme adımı eşit değildir.



Dengesiz niceleme dengeli nicelemeden daha iyi kalitededir, çünkü sinyalin en sıkça meydana geldiği gerilim için niceleme adımı daha küçük oluyor. Örneğin, Res.3-4'e gösterilen ve gerilimin 0V'an 5V'a kadar bir analog sinyal için, örneklemelerin en sıkça aldığı değerleri 2V ile 3V arasında olabilir. Ona göre niceleme 0V ile 2V arasında daha büyük adımlardır ve onun için bu kapsamda sadece iki adım var. Gerilim için 2V'tan 3V'a kadar değerleri için adım daha küçüktür ve 6 adımı var. Düzgün nicelemeyi anlamak için daha kolaydır, öyle ki ilerleyen bölümlerde onunla ilgeleneceğiz.

Niceleme için izin verilen değer ve sürekli (kesintisiz) sinyal (alınan örneklemenin büyüklüğü) arasındaki fark niceleme hatasıdır. Res.3-4'te verilen örnekte, niceleme hatası 0,9V'tur. Telekomunikasyonda **niceleme hatasına niceleme gürültüsü denir**. Niceleme gürültüsünün iletim kalitesi için en önemli rolü vardır ve niceleme adımı ne kadar küçükse hata da daha küçük olacak.

Niceleme adımı aşağıdaki formüle göre seçiliyor:

$$\Delta U = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{2^n} \dots\dots\dots(3-1),$$

Yukarıdaki ifadede

$U_{\max}$  (V) dijitalleşen gerilimin alabileceği en yüksek değer

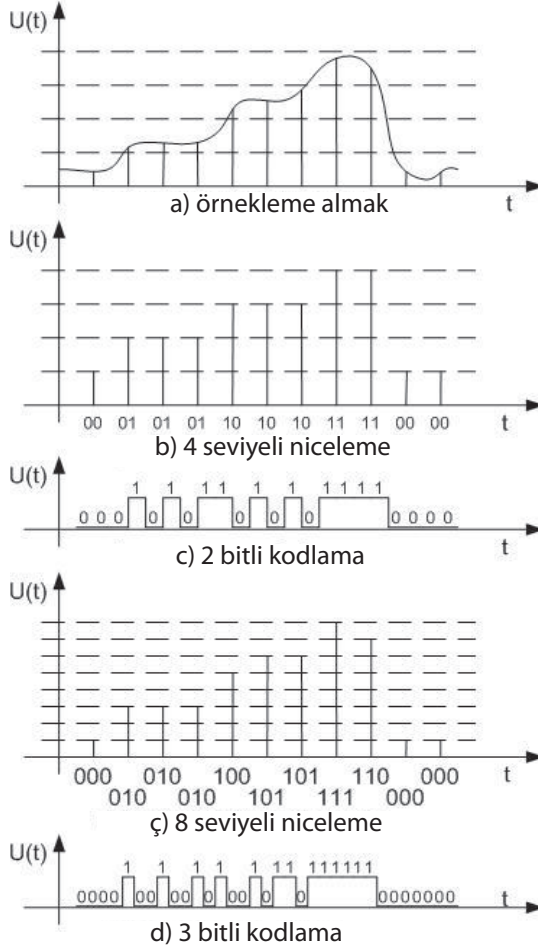
$U_{\min}$  (V) gerilimin alabileceği en düşük değer

$2^n$  ise her örneklemenin ifade edildiği bit sayısı n'ye bağlı olan niceleme seviyelerin sayısıdır.

Niceleme adımı ne kadar daha küçük olursa, o kadar kayıt orijinele daha yakındır. Niceleme adımının küçülmesi için, her örneklemenin tanımlandığı n bit sayısının artması gerekiyor ve bu işlem A/D dönüştürmenin üçüncü adımı olan kodlamadır. Kodlama farklı bit sayısı ile gerçekleştirilir (Res.3-5).

**Kodlamayla** elde edilen birler ve sıfırlardan diziye dijital kayıt denir. Res.3-5'teki örnek, 3-bitli yazılma orijinale daha yakın olduğunu gösteriyor, ancak aynı zamanda bu yazılımını 2-bitli dijital kayıttan 50% için daha büyük olduğunu gösteriyor. Dijital kayıttın büyüklüğü sampling'ten ve örneklemenin ifade edildiği bit sayısına bağlıdır, bitler sayısı ise alınan bellek

yeri yada ses taşıyıcıda yer (CD, bellek kartı) tanımlıyor. Kayıtın orijinale daha yakın olması için ve aynı zamanda onun yazılması için fazla yer almak için hangi sampling ve nicelemenin uygulanacağı hakkında ideal formül yoktur, ancak onun için yazdırma standartları var.



Res. 3-5. 2 ve 3 bitli sinyalle kodlama

Yazılan bilgi miktarı kb'dır (yazılan bilgi için temel ölçü birimi bittir –b, ancak pratikte daha büyük birim olan kb kullanılıyor), ancak bu veri kayıt hakkında gerçek büyüklüğü vermiyor (kayıtın 10 s yada 10 dak süreceği aynı değildir) ve onun için ikili akış parametresi tanıtılıyor ve her zaman kullanılıyor. İkili akış zaman biriminde bit sayısını tanımlıyor ve kb/s ile ölçülüyor. Örneğin, bir ses kaydı için 44,1kHz'lik sampling uygulanır-

sa, o zaman 16-bitli kodlamayla 705,6kb/s büyüklüğünde kayıt elde ediliyor (44,1·16=705,6kb), eğer aynı kayıt stereoda yazılmazsa, o zaman ikili akış iki misli artıyor. Bu şekilde yazılmış ses kaydının.wav uzantısı vardır ve bir ses taşıyıcıda (audio CD) büyük bellek alanı kapsıyor. Erken 80-li yıllarda, ilk kompakt disklerin (CD) ortaya çıkmasıyla, sadece böyle kayıtlar kullanılıyormuş, ancak bu büyük ikili kayıt, oynatma kalitesinin en az kayıpla azaltılması ihtiyacı duyulmuş. Kaliteyi koruyarak kayıt boyutunun azaltma gereği dijital kayıtları sıkıştırmanın meydana gelmesiyle ve gelişimiyle sonuçlanmış.

### 3.2. DİJİTAL KAYDININ SIKIŞTIRILMASI

**Sıkıştırma** dijital kaydının büyüklüğünü azaltan ve aynı zamanda kaliteyi fazla etkilemeyen matematik algoritma tanımlıyor. Ses sıkıştırması şu gereğe göre geliyormüş: ses kalitesi korunsun, ikili akış azalsın (örneğin, MPEG-1'in 32-448kb/s akışı var, MPEG-4 ise 8-32kb/s'ye azalıyor) ve kod gecikmesine etkilensin (verilen sıkıştırmanın dijital kaydı sıkıştırığı ve genişlettiği hızı). Ses sıkıştırmalarında uygulanan matematik algoritmaları (modelleri), insan kulağının kusurluluğunu kullanıyorlar (psiko-akustik model). Bu modellerle, insan kulağının verilen şiddetle, belli bir frekansla ses işittikten sonra, aynı frekansta olan ancak daha düşük şiddetli sesleri kaydetme olanaksızlığından gelen zayıf noktaları açıklanıyor. En küçük değer altında olan tüm sesler, bilgiler aktarılmıyor, böyle ses kaydı oynatıldığı zaman ise bu seslerin eksikliği hissedilmiyor. Örneğin, sokakta olduğunuz zaman yanınızdan otobüs geçince, başka sesler ya da konuşma işidilmiyor, çünkü harekette olan otobüsün yarattığı gürültüsünden bu sesler maskeleniyor.

Böyle işletmeler, dijital ses sinyalinin kaydedilme şekli konusunda, iki fikrin ortaya atılmasına yol açmıştır. Bir grup hiç kayıpsız oynatma gerçekleştiren, 2:1 ile 4:1 arası kapsamında kayıtları azaltan sıkıştırma uygulayan ve hiçbir şekilde kesinti yapmayan kaydetme şeklini destekliyormuş. Diğerleri ise dijital yazılmış bilgilerin sıkıştırılması için farklı algoritmalar kullanıyor. Kayıplı sıkıştırılma yapıldığı zaman ise (kabul edilebilir kalite kaybına) azalmalar 10:1'den 25:1'e kadardır. En çok bilinen sıkıştırmalar MP3 ve OGG'dir.

### 3.2.1. MPEG Ses Sıkıştırması

MPEG (Moving Pictures Experts Group) ses ve video sinyallerini tek bir bilgidibirlikte yazdırırken, onların düşük ikili akışlarda bile, verilen ağlarda ve uygulamalarda kullanma olanağı sağlayan en yaygın sıkıştırma şeklidir. MPEG sıkıştırması sesin ve görüntünün (video) işletilmesi sırasında hangi kodlama şeklinin uygulanacağını belirtmeden, kendisi- nice ses ve görünüş bilgileri taşıyor, yeni (daha gelişmiş) sıkıştırmalarda ise oynatılan sinyalin orijinale çok yakın olması aranıyor. MPEG sıkıştırması uzun zaman, İnternetin ortaya çıktığı 1992 yılına kadar geliştirmiş. Günümüzde, MPEG sıkıştırması ses/görüntü dışında veri bilgileri de içeriyor. Beş farklı MPEG ses sıkıştırması vardır: MPEG-1, MPEG-2 BC, MPEG-2 NBC/AAC, MPEG-4 ve MPEG-7, MPEG-21 de bekleniyor. İlk MPEG standartların özellikleri aşağıdaki tabloda gösterilmiştir:

Tablo 3-1. İlk MPEG standartların özellikleri

Sıkıştırma	İkili akış (kHz)	sampling (kHz)	Kaydetme kanalları
MPEG-1	32-448 (layer I) 32-384 (layer II) 32-320 (layer III)	32 44,1; 48	mono stereo
MPEG-2 BC/LSF	32-256 (layer I) 8-160 (layers II ve III)	16 22,05; 24	çok kanallı surround 5.1
MPEG-2 NBC/AAC	8-160	8-96	çok kanallı
MPEG-4	0,2-384	8-96	çok kanallı
MPEG-7	-	-	-
MPEG-21	-	-	-

**MPEG-1** sesi, üç ses sıkıştırma seviyesine (layers) ayrılıyor. Her daha yüksek seviye, önceki seviyeden daha karmaşık ve doğal olarak daha etkilidir. Her daha yüksek seviye önceki seviyeyle uyumludur ya da ikinci se-

viye (layer II) birinci seviyeyi (layer I) açıyor, ancak üçüncü seviyeyi (layer III) açamıyor.

MPEG-1, layer I, 90-lı yıllarda meydana gelmiş, 384kb/s ikili akışı varmış, DDC (digital compact cassette) dijital kompakt-kasetlerde kullanılıyormuş, ancak düşük performansları yüzünden kısa süre kullanılmış. Bu dosyaların genelde.mp1 yada.m1a uzantıları vardır.

MPEG-1 layer II (MP2), sıkça doğru olmayan MUSİCAM adıyla anılıyor. MP2 kayıplı ses formatıdır ve stereo kayıt için 192kb/s ikili akış sırasında yüksek kaliteye sahiptir. Dijital radyolar için gelişmiştir ve 192 bitlik çerçeve için optimize edilmiştir, ancak 256 bitle de kullanılabilir. Uzman takımları tarafından yapılan testler, 44,1kHz'te alınan örnekleme ve onların 16 bitli kodlamada kalitenin iyi olduğunu göstermiş. Bu kalite sıkıştırması 6:1 olan CD ses kalitesi tanımlıyor. Kalite çok iyidir, özellikle Dolby Digital (AC-3) ve AAC (Advance Audio Coding) gibi çok kanallı kayıtlarda yüksek kalitelidir, bundan dolayı bu formatın hala geniş kullanımı vardır.

MPEG-1 layer III (MP3) kayıplı sıkıştırma, 64kb/s ikili akış için kabul edici kalite sağlayan, ve ISDN hattı temel paketinden gönderilmesi mümkün olan formattır. Sıkıştırma (ve genişletmeyi) gerçekleştirilen algoritmanın kompleksli olduğundan, çok hızlı değildir (büyük kod gecikmesi vardır) ve bundan dolayı, örneğin ses sinyalleri stüdyo işlemlerinde kullanılmıyor. Bu sıkıştırma, stereo kayıtlar sırasında matematik algoritmasında kısaltma da kullanıyor (bilginin sol ve sağ kanal 50%'den fazla olduğu bölümlerde). Bu kısaltma stereokayıtları bir kayıt olarak gösteriyor, ondan sonra ise farkın artmasıyla, kayıt yeniden iki kanal için ayrıdır. İkili akış 128kb/s olduğu zaman, MP3'ün kalitesi, dinleyicilerin çoğu için tatmin edicidir.

Kayıt yüksek ikili akışla olduğu zaman, MP3'ün kalitesi, MP2'nin kalitesinden daha düşüktür. Ancak ikili akış nasıl azalır, bu iki format arasındaki kalite farkı da aynı şekilde azalıyor. MP3 en çok cep telefonlarında, bilgisayarlarda, İnternette aktarımlarda ve sıkıştırmanın adından dolayı **MP3 player (MP3 çalar)** olarak adlandırılan küçük vokmenlerde kullanılıyor. .

### 3.3. DİJİYAL SES KAYIT CİHAZLARI

Ses sinyalinin A/D dönüştürmesi gerçekleştirildikten sonra, sesin uygun bir medyumda yazdırılması (kaydedilmesi) gerekiyor. Kaydetme üç şekilde gerçekleşebiliyor:

- **manyetik kaydetme:** DAT (manyetik bant), Hard Disk-HDD (manyetik plaklarda);
- **optik kaydetme:** CD, DVD, Blue Ray (yansıtıcı optik disk);
- **elektronik belleksel kaydetme:** bellek kartları (yongalar);

Bellek bilgi taşıyıcıları büyük ihtimalle dijital kaydetmelerin geleceğidir, bundan dolayı ana gelişme onlara yöneliktir. Bu grup bilgi taşıyıcılarda, gelişmiş HDD yapıları dışında, şunlar da aittir: USB flash bellekler, kaydetme elektronik olarak bellek modülleri yada yongada gerçekleşen bellek kartları. Onlar mikro denetimciler ve verileri içeren yongalardan yapıldır, ve aynı zamanda belleğin çalışma hızını belirleyen kristal salıngaçlar içeriyor. Bunlar vuruşlara, düşmelere ve dış manyetik etkilere dayanıklıdır, ömürleri ise uzundur. Bu bilgi taşıyıcıların dijital kaydetmenin geleceği olacağı öngörülüyor, ve bu yüzden ana gelişme onlara yöneliktir.

#### 3.3.1. DAT Sesinin Dijital Kayıt Cihazları

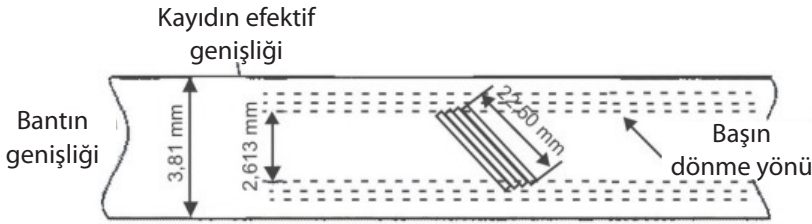
Sesin dijital kaydedilmesiyle kazanılan tüm avantajları göz önüne alarak, 1987 yılında Japonya'da, **dijital ses bantı** anlamına gelen, DAT (Digital Audio Tape) olarak adlandırılan sesin kaydetme ve oynatma şekli bulunmuş. *Aslında, DAT bantta manyetik kaydetmek ve ses oynatmak için dijital sistemdir.*

DAT'ın çalışması, dijital gramofonların çalışması, yani dijital-analog (D/A) dönüştürme ile video bantlarında kullanılan, dönen başların yardımıyla gerçekleşen manyetik bantın kaydetme şeklinin karışımıdır. İlerleyen dönemde sabit başlarla çalışan cihazlar da gerçekleştirilmiştir.

DAT'ın şu özellikleri vardır: kaliteli ses, kompakt-diskten üretilen ses-ten daha iyi yada en azından aynı ses üretmesi, standart kompakt kasetten daha küçük olan kasetlerin kullanımı, kaydın sürdüğü sresi iki saat ya da ka-

yıt long-play ise dört saat sürmesi, kaydedilen mazlemenin banttandır hızlı arama olanağı, kaliteli kopyalanan kayıtlar (orijinale yakın aynı), 2Hz ile 22kHz arası frekans alanı, ile sinyal-gürültü oranı, ufak biçim bozuklukları vb.

DAT'ta kullanılan bant, üstüne saf metalden tabaka dökülmüş, klasik manyetik teypçalarlardaki bantların yapımına benzerdir. DAT bantında, manyetik malzemenin tanecikleri çok küçüktür (ancak elektronik mikroskopla görünebilirler). Bant 3,81mm geniştir. Sinyal mantıksal birlere ve mantıksal sıfırlara uyan dürtüler dizisiyle kaydediliyor. Kayıt 16-bitlidir. Bilgiler bantta eğri izlerle yazılıyor. Her izde çok sayıda bilgi bulunuyor (2,5cm<sup>2</sup>'de 114 milyar bit var, bu kadar bit sayısı 7.100 sayfada yazılan metne geçirilebilir). DAT Dijital ses bantına bilgi kayıtlarının yazılmasının şematik görünümü Res.3-6'da verilmiştir.



Res. 3-6. DAT Dijital ses bandına bilgi kayıtlarının yazılmasının şematik görünümü

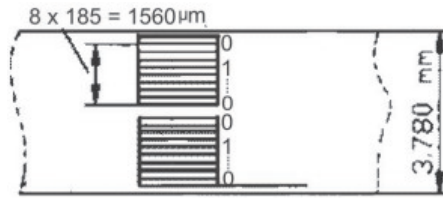
Bandın başının önündeki hızı çok azdır, 0,815cm/s. Diğer taraftan, dönme hızı dakikada 2.000 devir olan rotasyon başları kullanılıyor. Buna göre, bandın relatif hızı 313cm/s olduğu sonucuna varılıyor. Bu hız klasik kasetin hızından 66 misli daha büyüktür. Tablo 3-2'de DAT'ın özellikleri ve analog kasetin özellikleri verilmiştir. Tablodaki verilerin yardımıyla manyetik bantta analog ve dijital kayıtlar arasında kıyaslama yapılabilir.

Tablo 3-2'de sunulan veriler, SONY Japon şirketinin manyetik kaydetme dijital sistemine aittir.

Tablo 3-2. DAT ve analog kasetlerin temel parametreleri

Parametreler	DAT	Analog kaset
Frekans kapsamı	2Hz -22kHz	25Hz -20kHz
Dinamik kapsamı	96dB'den büyük	65dB'e kadar
Biçim bozuklukları	0,005%'e kadar	yaklaşık 0,5%
Süresi	2 saat	2 saata kadar
Bantın genişliği	3,81mm	3,81mm
Bantın hızı	313cm/s	4,75cm/s
İzin genişliği	13,591µm	600µm
Kasetin boyutları	73 x 54 x 10,55mm	102,4 x 63 x 12mm

Almanya'da 1991 yılında, sesin manyetik kaydedilmesi ve oynatılması için, DCC (digital compact cassette – dijital kompakt-kaset) olarak adlandırılan, başka bir dijital sistemi sunulmuş. *DCC cihazın çalışması analog kasetten bilgilerin dijitalleşmesi varsayılıyor.* DCC-cihazındaki kasetin, klasik kasetiyle aynı boyutları vardır, sadece belli değişimler ve ekler içeriyor. Kaset plastik kutuda değil, flopi disketlerine benzer şekilde basılmış programla beraber kaplamada bulunuyor. Kromdioksit manyetik malzemesi tabakasıyla kaplanan bant 3,81mm geniştir. Banttaki sinyal sektörler olarak adlandırılan iki kısımda dağıtılmıştır. Üst bölüm sektör 1 olarak, alt bölüm ise sektör 2 olarak adlandırılıyor. Bunu Res.3-7'de görebiliriz.



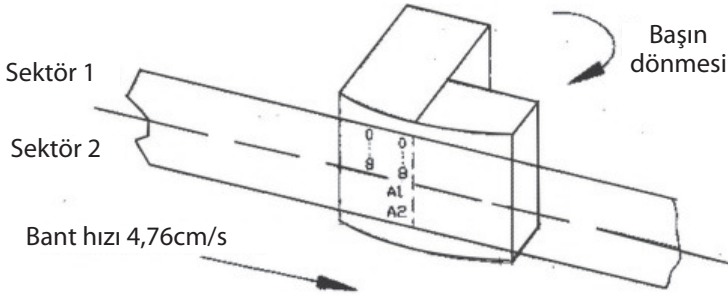
Res. 3-7. DCC-bandında izlerin dağılımı

Stereofonik sinyal sekiz izde yazılıyor. Özel bir kontrol izi de içeriktir. İzin genişliği 185 µm'dir.

**Manyetik başlar** bir silikon plaktan *tümleşik devreler gibi, aynı teknikle ve aynı şekilde yapılıyor.* Başın üst kısmı dijital sinyalin okunması için kul-



lanılıyor, alt kısmı ise analog sinyalin okunması için kullanılıyor. Bu özellik DCC oynatma cihazının, DAT'a kıyasla işlevi farklarından biridir, yani DCC analog kaset oynatabilir ve dijital kaset kaydedebilir ve oynatabilir. DCC-cihazın oynatma başı Res.3-8'de gösterilmiştir.



Res. 3-8. DCC-cihazında oynatma başı

Dijital bandın alt kısmındaki (sektör 2) dijital sinyalin oynatılması gerekirse, bu işlem şu şekilde gerçekleşiyor:manyetik tabakası bulunmayan kasetin sonunda otorevers sistemi ekleniyor, kasetteki bant ters yönde hareket etmeye başlıyor, oynatma başı ise 180° için dönerek, banttaki sektör 2'nin oynatılması başlıyor.

Res.3-9'da DCC-cihazın blok modeli verilmiştir



Res. 3-9. DCC-cihazın blok-modeli

DCC-cihazında analog-dijital (A/D), dijital-analog (D/A) dönüştürme, hata düzeltmesi ve kanalların modülasyonu ve demodülasyonu kullanılıyor.

Audiofrekans alanı filtrelerin yardımıyla 32 bölüme (aynı genişlikli alanlara) ayrılmıştır. Sinyal işlemcisi olan PASC'ta (Precision Adaptive Sub-band Coding) işitme sinyallerin şekillenmesi gerçekleşiyor. Sinyalin kodlan-

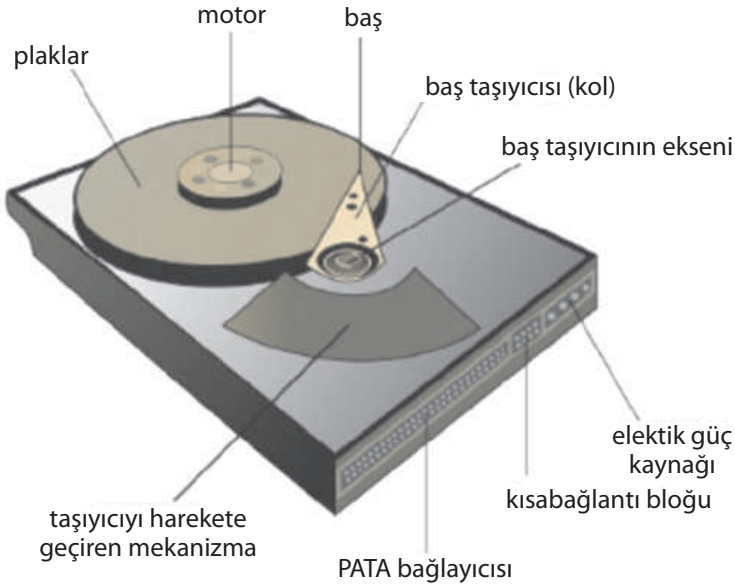
ması **dört bit ile** yapılıyor. Her 32 frekans alanından kodlanmış bilgi, sekiz ize ve dokuzuncu-kontrol izine çoğaltılıyor.

DCC-cihazında kopyalamadan koruma sistemi yerleşiktir. Sadece bir kopya yapılabilir. Koruma sistemi SCMS olarak adlandırılıyor.

Bu metinde verilen bilgiler Almanyanın PHİLİPS şirketinin DCC-cihazına aittir. Dünya çapında manyetik bantta dijital kaydetmenin gelişmesiyle ilgilenen başka şirketler de vardır. Bunlar arasında daha önemli olanlar Japonyada (MATSUSHITA) ve ABD'de (TANDY CORPORATION) şirketleridir.

### 3.3.2. Sabit-disk (HDD)

Sabit-disk (HDD) dijital şekilde verilerin korunması ve onların bütünlenmesi ve silinmesi için olanağı olan cihazdır. Sabit diskler çok yaygın olan, veri kaydetme, okuma, değiştime ve silme cihazlarıdır. HDD'nin birkaç türü (ayırımı) vardır.

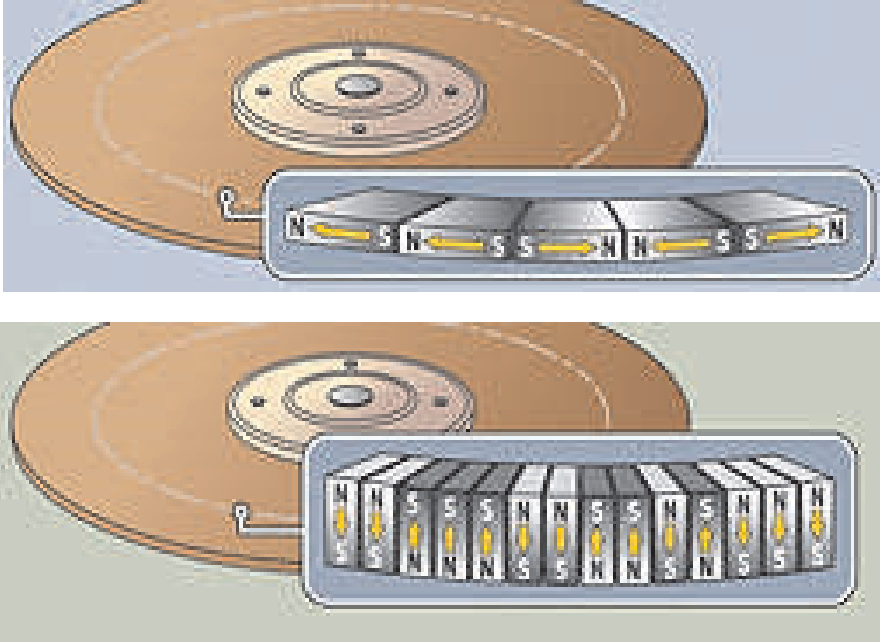


Res. 3-10. HDD'nin ana parçaları

- Sabit disklerin ayırımı onların fizik boyutların göre yapılabilir: 1,8", 2,5", 3,5", 5,25";
- İkinci ayırım şekli bağlayıcıya göre yapılabilir: PATA, SATA, SCSI, SAS;
- Başka özelliklere göre de farklı ayırımla yapılabilir, örneğin bellek büyüklüğü, kullanım (iç yada dış), plakların dönme hızı vb.

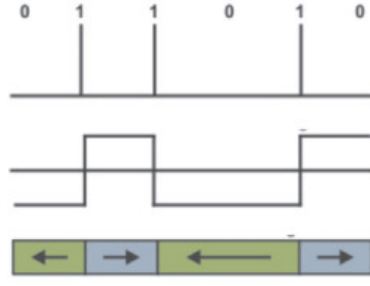
HDD'nin ana parçaları şunlardır: plak (plaklar), manyetik başlar, kol, kol motoru, plak motoru ve denetleyici. Ana parçalar Res.3-10'da gösterilmiştir.

Veriler denetleyiciye gönderiliyor ve denetleyici bu verilerin plakın ne- resinde ve nasıl yazılacağını belirliyor. Plaklar dakikada 4.200, 5.400, 7.200 ve 10.000 devir hızıyla dönüyor ve bu hız tüm cihazın çalıştığı hızı ve cihazın kullanımını belirliyor. Bu büyük hızların sonucu olarak, yapılması için ku- lanılan malzeme yüksek homoloji manyetik malzemedir. Aslında her bellek noktanın mıknatıslanmasını tanımlayan kaydetme Res.3-11 görüldüğü gibi yataydır, ancak son zamanlarda dikey de olabilir.



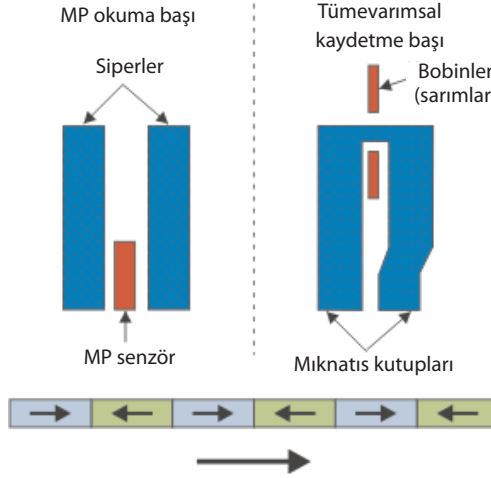
Res. 3-11.HDD plakın mıknatıslama şekli

Yazılması gereken bilgi denetleyiciye ikili şekilde geliyor, ve denetle- yici bu bilgiyi manyetik kaydetme başına gönderiyor. Manyetik kaydetme başı her bellek noktasına mıknatıslama gerçekleştiriyor, öyle ki bit 1 gelirse, o nokta için mıknatıslama önceki durumdan ters yönde olacak, bit 0 için ise noktanın mıknatıslanması önceki durumla aynı yönde kalıyor (Res.3-12).



Res. 3-12. Bilginin kaydı, plakın kutuplaşması

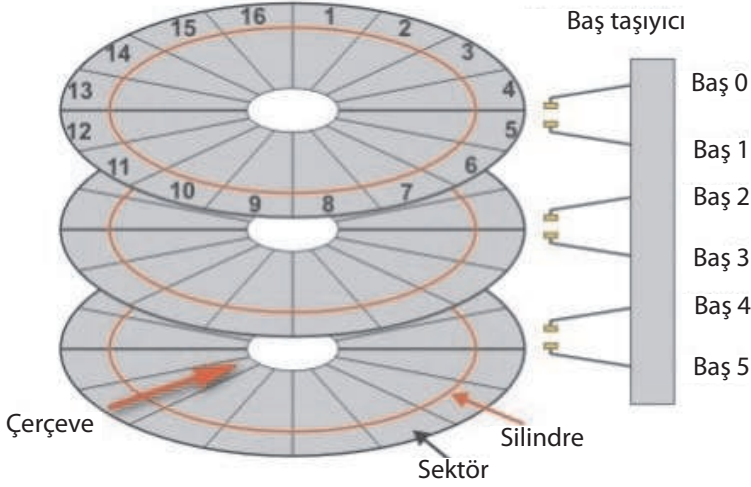
Manyetik baş (Res. 3-13) okuma başı ve yazma (ve silme) başından oluşuyor. Manyetik baş plaka çok yakın yerde bulunuyor, ancak asla plaka temas etmemelidir. Aldığı bilgiye bağlı olarak, her noktayı belirli bir yöne mıknatıslıyor, okuma sırasında ise farklı kutuplaşması (polarizasyonu) olan yan yana bulunan noktaya gelince 1 kaydediliyor, yan yana noktanın polarizasyonu aynı olunca 0 kaydediliyor.



Res. 3-13. HDD'de okuma ve kaydetme başlarının görünümü

Her plakta iki baş bulunuyor, her tarafta birer baş. Plaklar çerçevelere, sektörler ve silindere ayrılıyor (Res.3-14). Çerçeve manyetik bitlerin eşmerkezli parçasıdır ve genelde 512 bayta ayrılıyor. Her çerçevenin parçası olan ve manyetik kayıtlar ve adreslerle tanımlanan sektörler, hata düzeltme kodunu içeriyorlar.

Aynı yarıçaplı çerçeve gruplarına silindere denir. HDD bir yada fazla plaktan oluşabilir.



Res.3-14. Başların ve plakların görünüşü  
(çerçevelere, sektörlere ve silindere ayrılmış)

Bu HDD türleri günümüzde de (kapasite açısından) en büyük cihazlar olarak sayılıyor, ancak zamanla mekanik elektroniğe yerini vererek, HDD'nin yerini SSD (Solid State Disc) alıyor. SSD'de kayıt artık manyetik değil, bellek yongasına doğrudan elektronik olarak yazılır.

#### 3.3.3. Kompakt-Disk (CD)

Kompakt-disk (CD) verilerin dijital kaydının optik olarak yazıldığı ortamdır. Geçen yüzyılın geç seksenli yıllarda ses taşıyıcısı olarak gelişmiş. Pitsler (çukurlar), 0,8-3,6  $\mu\text{m}$  uzun, 0,6 $\mu\text{m}$  geniş ve 0,15 $\mu\text{m}$  (mikron) derin olan girintilerdir. Bir CD-plaka bakıldığı zaman, *devamlı kesilmeyen yivler görünmüyor, sadece büyük sayıda noktalar görünüyor*. Klasik gramofonlardan farklı olarak, kompakt-diskin okunması diskin merkezinden dışarıya doğru gerçekleşiyor. Diğer önemli özellik, spiral şekilde sıralanmış pitslerin, okuma başının üzerinde sabit devir sayısı ile değil, sabit hızla hareket etmeleridir. Bu hız 1,25m/s değerine eşittir. Sabit hız devirler sayısının ayarlanmasıyla elde ediliyor, öyle ki oynatmanın başlangıcında (diskin merkezi-

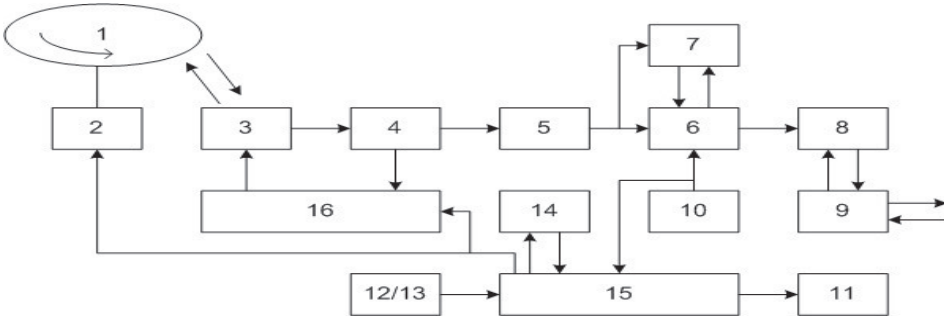
ne yakın), devirlerin sayısı yaklaşık 500devir/dak.'dır, sonunda ise yaklaşık 200devir/dak.'dır.

Bu teknoloji sinyallerin dijitalleşme şekli ve dürtü-kod modülasyonun (DKM) geliştirilmesiyle sağlanıyor.

Dijital gramfon fazla derlemelerden ve elemanlardan oluşuyor. Derlemeler ve elemanlar şu koşulları yerine getirmelidir:

- bilgiyi taşıyan mikroskopik küçük girintileri okumak;
- okuma başını tamamiyle doğru yönlendirmek;
- devirler sayısını ayarlamak;
- okunan sinyali yeniden kodlamak;
- hata bulmak ve onları düzeltmek;
- dijital bilgiyi tutmak, ve
- dijital sinyali analog sinyale dönüştürmek.

Tüm verilen işlevler, Res.3-15'te gösterilen belli derlemeler gruplarına ayrılmıştır:



Res. 3-15. Dijital gramfonun blok-diyagramı:

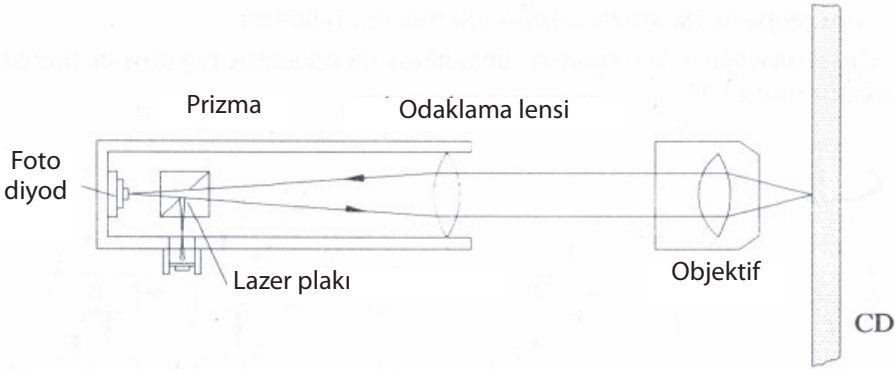
1 – kompakt-disk; 2 - motor; 3 – okuma başı; 4 - kuvvetlendirici; 5 – kod çözmek; 6 – yönetim mantığı; 7 – hataların düzeltilmesi; 8 – yardımcı bellek; 9 - D/A dönüştürücü; 10 - kuvars; 11 –görüntü birimi (display); 12 -klavye; 13 – uzaktan yönetmek; 14-bellek; 15 - mikroişlemci ve 16 – servo-cihaz.

*Motor kompakt-diski saat ibrelerin hareketinden ters yönde döndürülüyor. Okuma başı girintilerin büyüklüğünde, sayısında ve dağıtımında içeri-*

len bilgiyi optik yoluyla okuyor. Ondan sonra, okuma başından çıkış sinyali kuvvetlendiriliyor (4). Dijital sinyali kodlanmış olduğundan dolayı, onun kod çözülmesi gerekiyor (5). Yönetim kontrol mantığı, olası hataların giderilmesi (7) için, okunan bilgiyi inceliyor. Bu sırada, diskin hasarı, yaklaşık 3000 girilime uyan 2,5 mm'den daha büyük olursa, o zaman hatanın giderilmesi mümkün değildir. Devamda, yönetim mantığı ses bilgisini, diskte içerilen diğer verilerden ayırıyor ve o ses bilgisi önce bellekte yerleşiyor (8), ondan sonra ise salınacağı (tam olarak 44,1kHz) ve D/A dönüştürücüne (9) gönderiyor. Orada, 16 bitten oluşan dijital bilgi analog sinyale dönüştürülüyor. Analog sinyal uygun filtrelenmeden sonra kuvvetlendiriciye gönderiliyor ve 1-2 volt çıkış gerilimi veriyor.

Böyle bir sistemin kusursuz çalışması için, kompleksli kontrol-yönetim derlemeden gerek olması açık şekilde görünüyor.

Dijital gramofonda en önemli eleman okuma başıdır (Res.3-16).



Res.3-16. Okuma başı

*Yarıiletken lazerle 780nm dalga uzunluğunda gereken kutuplaşmış ışık elde ediliyor. Bu ışık prizmaya gönderiliyor, yansıyan ışık demeti uygun lenslere yönlendiriliyor. Özel objektifle bu demet CD-plakına odaklanıyor. Ondan sonra pits-bilgilerin bulunduğu plaktan yansıyor (yansıma gücü pitte bağlıdır). Bu şekilde yansıyan ışın objektif üzerinden fotodiyoda kadar geri gönderiliyor. Fotodiyotta yansıyan sinyal gücünün değişimleri elektrik sinyallere dönüşüyor.*

Tüm okuma sistemi 4,5cm yüksek ve 1,2 çaplı kasada yerleşiktir. Onun yönlendirilmesi, başta bulunan derlemenin yönetim sinyaliyle sağlanıyor. Diskin olası farklı kalınlıklarının düzeltilmesi için uygulanan odaklama,  $\pm 2\mu\text{m}$  doğruluğuyla gerçekleşiyor.

CD-plaklar sanayi olarak iki şekilde üretiliyor: presleme ile yada termoplastik malzemenin enjekte etmele.

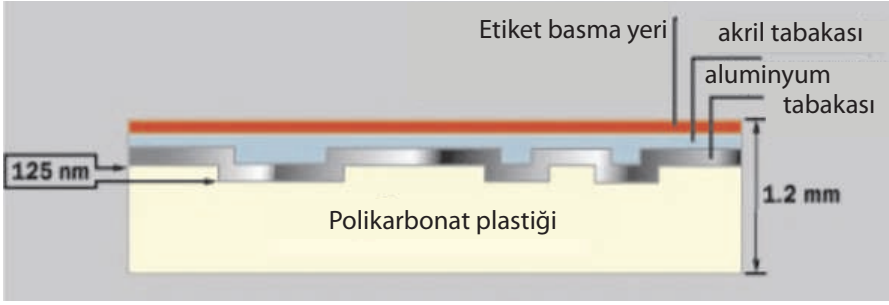
Her iki yöntemle şeffaf plastik plak elde ediliyor. Bu plakın gerçek bilgi taşıyıcı olması için, lazerin yansıyan ışınlarının geri dönebileceği yansıtıcı tabakayla arındırmak gerekiyor. Arındırma, vakumda, mutlak temiz ortamda yapılmalıdır. Bu süreç birkaç saat sürüyor, tamamlandıktan sonra ise kirliliklerden ve hasarlardan korunması için uygun cila ile korunuyor (5-10mm). Tüm bu işlemlerden sonra, 15mm çaplı merkez deliğin hassasiyetle delinmesi özellikle önemlidir. Bu amaçla, deliğin lazerle yönlendirmesiyle deliğin yerini belirleyen özel otomatik cihazlar kullanılıyor (girişimlerin ilk iç ve son dış izine göre tam olarak ortası). Delme sırasında hata payı, mm'den sadece birkaç yüzde olabilir. Son olarak diskin başlığı basılıyor.

Devamda disk hakkında bazı bilgiler verilmiştir:

- çap 120mm;
- kalınlık 1,2mm;
- kayıtın başlangıcında bulunan girilintilerin çapı - 50mm;
- kayıtın sonundaki izlerin çapı 116mm;
- çalma süresi 74-90 dak. (stereo), ve
- kapasite 650-870MB.

Üretimin tamamlanmasından sonra yüzde yüzlük kontrol yapılıyor (her disk teker teker kontrol ediliyor, öyle ki müzik satış yerlerinde arızalı kopyanın gelme olanağı imkansızdır. Diskin yan kesiti Res.3-17'de verilmiştir. Resimden, sadece 125nm derin olan polikarbonit plastiğinde yazılmanın gerçekleştiği görülüyor, onun üzerine ise, yansıyan yüzey olan alüminyum tabakası yayılmıştır. Bu tabakaya koruma (akril tabakası) sürünüyor, sonunda ise CD'nin simgesi yada kompakt diskin içeriği konuluyor.



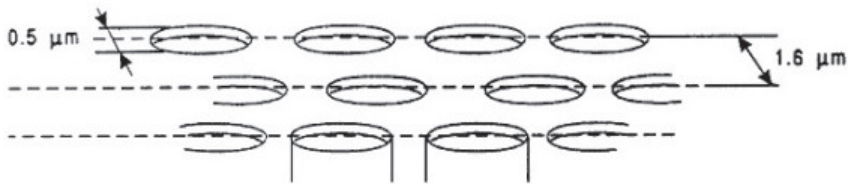


Res.3.17. Yansıtıcı diskin yan kesiti



Res. 3-18. Kompakt-diskte kaydın sıralaması

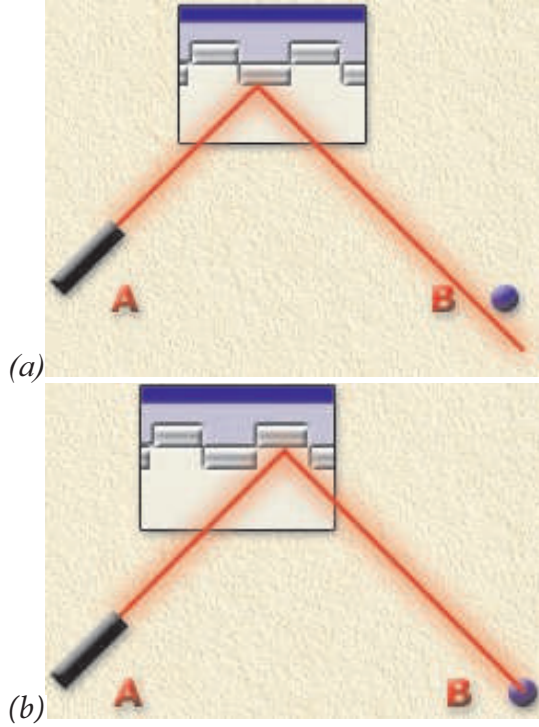
Kompakt-diskte kayıt spiral şeklinde merkezden dışa doğrudur (Res.3-18). Kaydetme hızı sabit olduğundan dolayı, diskin dönme hızı devamlı değişmelidir, öyle ki merkez bölümünde dönme hızı 500 devir/dak'dır. Dış bölümünde ise dönme hızı 200 devir/dak'dır. Yazdırma şekli, ikili yazılımda 1 durumuna uyan girintiler ve 0 tanımlayan çıkıntılardır. Kompakt-diskte kaydın görünüşü Res.3-19'da gösterilmiştir.



Res. 3-19. Kompakt diskte çıkıntılarının ve girintilerin dağılımı ve büyüklüğü

İki komşu spiral arasındaki mesafe  $1,6 \mu\text{m}$  iken, genişliği  $0,5 \mu\text{m}$ 'dir. Deliklerin küçük boyutlarından dolayı, spiral uzunluğu büyüktür, yani doğru çizgiye açılırsa uzunluğu yakın 5 km olur.

Lazer çıkıntıya düşünce (Res.3.20-a), ışın sensör B'ye (fotodiyoda) dönmüyor ve dürtü olmuyor. Bu durum 0 olarak kaydediliyor.



Res. 3-20. CD'de lazerin geri dönme şekli

(Res. 3-20 - b)'de lazer girinti yerindedir ve senzöre dönüyor. Bu durum 1 ile kaydediliyor.

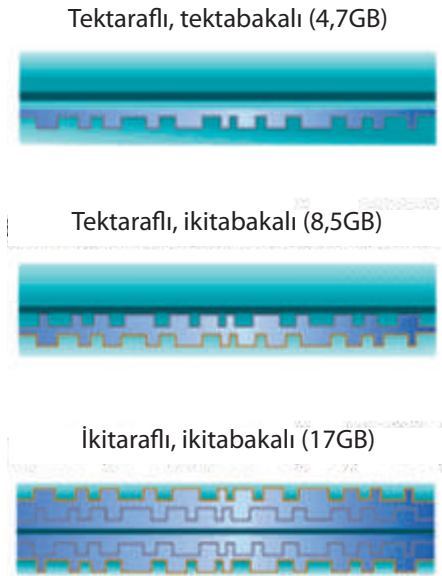
### 3.3.4. Diğer Dijital Ses Taşıyıcıları

CD disklerden sonra gelen bilgi taşıyıcı nesili, kırmızı ışık kapsamında ışık yayan lazer yanı kırmızı lazer kullanan DVD-diskidir. Kırmızı lazerin dalga uzunluğu  $650\text{nm}$ 'dir ve teknik açısından daha gelişmiş çözümdür ve bitin (çıkıntılar ve girintiler) daha küçük boyutlarda kaydedilmeyi sağlıyor, kapasitesi ise  $4,7\text{GB}$ 'tır (tek tabakalı kayıt). Optik disklerde tabakalara yaz-

ma şekli Res.3-21'de verilmiştir. DVD-diskleri tek taraflı tek tabakalı, 4.7GB kapasiteli (Res.3-21-a), tektaraflı iki tabakalı, 8.5GB kapasiteli (Res.3-21-b) yada ikitaraflı-ikitabakalı ve 17GB kapasiteli olabilirler.

CD'den farklı olarak, DVD teknolojisinde yenilik tabakalı kaydetmedir. Tabakalı kaydetmede 2/4 tabakanın kullanılmasından sonra kapasite 8,6/17GB'a kadar artıyor.

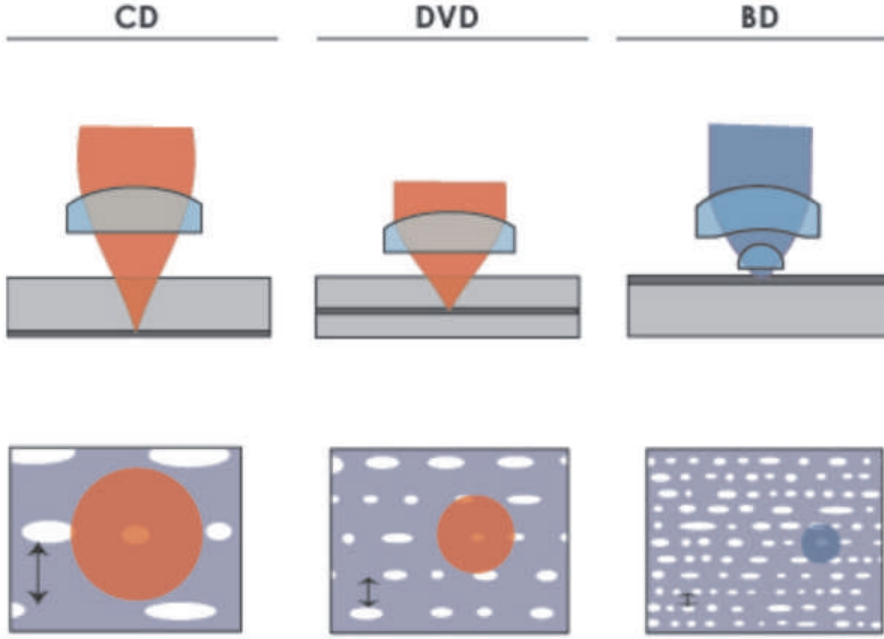
DVD-disklin bir tarafında yazma (okuma) gerçekleşebilen iki tabaka bulunuyor, ancak dört tabakalı DVD'de kayıtlarda iki tabakada, disklin iki tarafında bulunuyor.



Res. 3-21. Optik disklerde (tabakalarda) kaydetme şekli

Şimdilik son nesil Blue Ray teknolojisidir. Blue Ray'de lazer görünür daha düşük dalga uzunluğunda (405nm) ve mavi renklidir. Bu teknolojinin adı da bundan geliyor. İncelediğimiz üç bilgi taşıyıcısının bantları arasındaki fark Res.3-22'de gösterilmiştir.

Blue Ray'de kayıttın kapasitesi 27GB'dır, ancak DVD'de olduğu gibi Blue Ray'de de kaydetme iki tabakada yapılabilir ve böylece kapasitesi katlanıyor (54GB).



Res. 3-22. CD, DVD ve BD (Blue Ray Disc) için lazerin ve lazer izinin değerlendirilmesi

Bilgi taşıyıcı, disk	CD	DVD	Blue Ray
Lazerin dalga uzunluğu (nm)	780	650	405
Polikarbonat tabakanın kalınlığı (mm)	1,2	0,6	1,1
Bir yazılan noktanın büyüklüğü ( $\mu\text{m}$ )	1,6	0,74	0,3

DVD kompakt-diskle uyumludur, yani Cd kayıtlarını okuyabilir ve çalabilir, Blue Ray teknolojisi ise diğer bilgi taşıyıcılarla uyumlu değil. Blue Ray üreticileri farklı teknik çözümler uygulayarak bu uyumsuzluğu aşmaya çalışıyorlar.

## 3 ÖZET

- ❖ Analog sinyali A/D dönüştürme (analog-dijital dönüştürme) olarak adlandırılan işletmeyle dijital olarak tanımlanıyor. A/D dönüştürmek üç adımda gerçekleşiyor: **örnekleme almak, niceleme ve kodlama**;
- ❖ Örnekleme alma süreci sinyalin mevcut değerini almak ya da okumaktır. Örnekleme almak sampling olarak da biliniyor, zaman biriminde alınan örnekleme sayısı ile ifade ediliyor, Hz ile ölçülüyor ve ses sinyalleri için değeri 44,1kHz'tir;
- ❖ Alınan örneklemelerin nicelemesi alınan örneklemin değerini yuvarlamak tanımlıyor;
- ❖ Kodlamayla elde edilen birler ve sıfırlar dizisine dijital kayıt denir. Kodlama farklı bit sayısı ile gerçekleşebilir;
- ❖ Sıkıştırma, dijital kaydın büyüklüğünü azaltan matematik algoritmasıdır;
- ❖ MPEG (Moving Pictures Experts Group) sıkıştırması, işletme için hangi kodlama türünün kullanıldığını belirlemeden içinde ses ve görüntü bilgileri taşıyor;
- ❖ MPEG-1, layer I'in 384kb/s ikili akışı var, DCC kasetlerinde (digital compact cassette – dijital kompakt-kaseti) kullanılıyor. Bu dosyaların genelde.mp1 yada.m1a uzantıları vardır;
- ❖ MPEG-1 layer II (MP2), 192kb/s ikili akış sırasında, stereo kayıt için, kaliteli kayıttır. Dijital radyo gerekleri için geliştirilmiştir ve 192 bayt çerçeve için optimize edilmiştir, ancak 256 bit için de kullanılabilir. 44,1kHz'te örneklemeler alma ve 16-bitli kodlama sırasında iyi kalitesi var. CD çalarlarda ve Dolby Digital (AC-3) ve Advance Audio Coding (AAC) gibi çok kanallı kayıtlar için kullanılıyor. MP2'nin kullanımı hala geniştir;
- ❖ MPEG-1 layer III (MP3) kayıplı sıkıştırma, 64kb/s ikili akış için kabul edici kalite sağlıyor, ve ISDN hatının temel paketinden göndermek mümkündür;

- ❖ DAT (Digital Audio Tape), yada dijital ses bandı, bandın manyetik kaydı ve sesin çalınması için dijital sistemdir;
- ❖ Sabit-disk (HDD) verileri dilital şekilde korunması için kullanılan cihazdır, verileri tamamlama ve silme olanağı vardır;
- ❖ Kompakt-disk (CD) verilerin dijital kayıtların optik şekilde yazılmasını gerçekleştiren ortamdır;
- ❖ Gramofon başı yariletken lazerdir ve onunla 780nm dalga uzunluğu ile gereken ışık kutuplaşması elde ediliyor;

### SORULAR VE ÖDEVLER

1. Günümüzde sesin dijital kaydeilmesi için hangi şekiller biliniyor?
2. Hangi sıkıştırma türleri vardır?
3. MPEG-1 sıkıştırması kaç seviyeden oluşuyor? Onların özelliklerini say!
4. Dijital gramofonlarını (CD-cihazlarını) hangi parçalar oluşturuyor?
5. CD-plakın (diskin) yapısal özellikleri hangileridir?
6. DAT ne demektir? Bu dijital ses kaydı nerede gelişmiştir?
7. Dijital bantların yapısal özellikleri hangileridir?
8. HDD'nin ana parçaları hangileridir?
9. HDD'nin her plakında kaç baş vardır ve onların işlevleri nedir?

### Aşağıdaki tümcelerın doğru olmaları için tamamla!

- Örnekleme alma sırasında, iki örnekleme arasında zaman eşitse o zaman \_\_\_\_\_ örnekleme alma sözkonusudur.
- Her örnekleme tanımlayan bit sayısı 4 ise, o zaman \_\_\_\_\_ nicelme seviyesi olacak.
- Kodlamayla elde edilen birler ve sıfırlar dizisine \_\_\_\_\_ kayıt denir.
- Zaman biriminde bit sayısı \_\_\_\_\_'dir, ölçmek için ölçü birimi ise \_\_\_\_\_'tir.

- Dijital kaydının büyüklüğünü azaltan matematik algoritma \_\_\_\_\_ tanımlıyor.

#### **Doğru cevabı çevrele**

- Sampling nedir?:
  - o örnekleme almak
  - o kodlamak
  - o sıkıştırma
- Sıkıştırma yapılmayan dijital ses kaydın şu uzantısı var:
  - o mp3
  - o ogg
  - o wav
- Dijital sinyaller optik olarak nerede yazılıyorlar?
  - o DAT
  - o CD
  - o Sabit Disk
- Kompakt-disk, diskin hangi yönünde kaydetme yapıyor?
  - o dışardan içeriye doğru
  - o içerden dışarıya doğru
  - o eşmerkezli dairelerde

**Her terimin yanında resime uygun sayıyı yaz!**





## 4.

## SES

# KUVVETLENDİRİCİLER

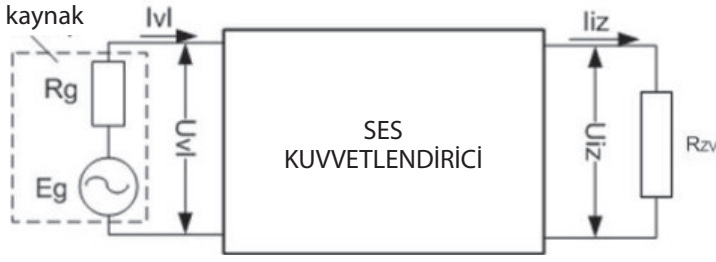
**M**ikrofonlar, manyetik başlar, CD lazer başları ve diğer ses dönüştürücülerinden elde ettiğimiz audioelektrik sinyalleri çok küçük amplitüdüdür. Onların amplitüdüleri birkaç milivolt'tan birkaç mikrovolt'a kadar değişiyor. Böyle küçük amplitüdülere sahip olan sinyaller her zaman gürültü ile birlikte geliyor. Ses sinyallerin küçük amplitüdüleri ses mesajın, konuşmanın veya müziğin doğasından kaynaklanıyor. Bu yüzden, bu sinyallerin kuvvetlendirilmeleri gerekiyor. Ses kuvvetlendiricilerin yapımı sırasında, logaritmik kanunların özelliklerini gösteren işitme duyusunun özelliklerine dikkat edilmelidir. Sinyal/gürültü oranının büyümesi için, ses sinyalin edebildiği kadar yüksek olması gerekiyor. **Ses kuvvetlendiricileri 16Hz ile 20kHz frekans arasında olan elektrik sinyallerin kuvvetlendirilmesine yardım eden elektronik kuvvetlendiricileridir.**

### 4.1. SES KUVVETLENDİRİCİ TÜRLERİ

Ses kuvvetlendirici, görevi girişinde bağlanan sinyalin kuvvetlendirilmesi olan elektronik kurgudur, öyle ki çıkışta elde edilen sinyalin giriş sinyaliyle aynı şekli ancak daha büyük amplitüdü olmalıdır. Ses kuvvetlendiricileri dört kutuplular gibi davranıyorlar ve dört-kutuplular için geçerli olan ilişkiler ses kuvvetlendiricileri için de geçerlidir. Dört-kutuplu gibi kuvvetlendiricinin blok-modeli Res.4-1'de verilmiştir.

20kHz'ten daha düşük frekanslara alçak frekanslar denir, öyle ki ses kuvvetlendiricilere alçak frekanslı kuvvetlendiriciler (AF) denir, onlarla kuvvetlendirilen sinyallere ise alçak frekanslı sinyaller denir.

**Ses kuvvetlendiricileri şöyle ayırabiliriz:** *küçük gerilimlerin ses kuvvetlendiricileri ve güçlerin ses kuvvetlendiricileri.*



Res. 4-1. Kuvvetlendiricinin blok-modeli

Elektro akustik dönüştürücülerinin çıkışında yerleşmiş olan ses kuvvetlendirici küçük gerilimli sinyalleri güçlendiriyor. Bu kuvvetlendirici giriş sinyali fazla ara seviyeyle beraber güçlendiriyor ve bu şekilde büyük çıkış güçlenmesi elde ediliyor.

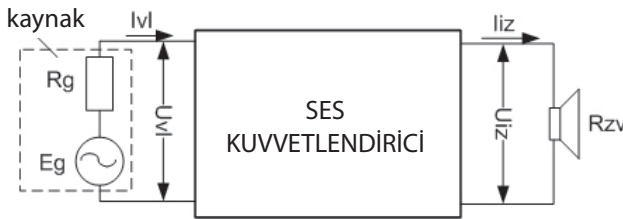
Ses aygıtların çıkışında bulunan ve hoparlöre bağlanan ses kuvvetlendiricilerin yüksek güçleri olmalıdır.

## 4.2. ALÇAK FREKANSLI (AF)

### KUVVETLENDİRİCİLERİNİN ÖZELLİKLERİ

Ses kuvvetlendiricilerinin temel özellikleri şunlardır: kuvvetlendirme, en yüksek (maksimum) çıkış gücü, yararlı etki katsayısı, geçirme kapsamı, dinamik ve biçim bozuklukları.

**Kuvvetlendirme:** kuvvetlendirme çıkış ve ona uygun giriş büyüklüğün ilişkisini tanımlıyor. Buna göre gerilimin kuvvetlendirilmesi, elektriğin kuvvetlendirilmesi ve güçlüğün kuvvetlendirilmesi olabilir. Bir monofonik kuvvetlendiricinin blok-modeli Res.4-2'de gösterilmiştir.



Res. 4-2. Bir monofonik kuvvetlendiricinin blok-modeli

AF-sinyalin kaynağı, kuvvetlendirilmesi gereken ses sinyalini oluşturan üreticidir ve  $R_g$  olarak işaretledirilen kendi iç gerilimi vardır. Kaynak mikrofon, CD çalıcının başı (CD sürücü) olabilir.

**Gerilim kuvvetlendirilmesi** ( $A_v$ ) çıkışta ve girişte değişimli gerilimlerin efektif değerlerin bölümü olarak tanımlanıyor:

$$A_u = \frac{U_{dal}}{U_{hyr}} \dots\dots\dots(4-1)$$

**Elektrik kuvvetlendirilmesi** ( $A_I$ ) çıkıştaki elektriğin ve girişteki elektriğin efektif değerlerin bölümü olarak tanımlanıyor:

$$A_I = \frac{I_{dal}}{I_{hyr}} \dots\dots\dots(4-2)$$

Gerilim, yada elektrik kuvvetlendirilmesi, çıkış gerilimin ya da elektriğin giriş gerilim ya da elektrikten kaç misli daha büyük olduğunu gösteren boyutsuz değerdir.

**Gücün kuvvetlendirilmesi** ( $A_p$ ) kuvvetlendiricinin girişinde ve çıkışında değişimli sinyallerin güçlerini orta değerlerinin bölümü olarak tanımlanıyor:

$$A_p = \frac{P_{dal}}{P_{hyr}} = \left| \frac{U_{dal}}{U_{hyr}} \frac{I_{dal}}{I_{hyr}} \right| = |A_u A_I| \dots\dots\dots(4-3)$$

Gücün kuvvetlendirilmesi, gerilim ve elektrik kuvvetlendirmelerinin çarpımına eşittir. Tüm bu kuvvetlendirmeler, aşağıdaki ilişkilere göre ayrı olarak desibel (dB) logaritma birimiyle ifade edilebiliyor:

$$A_u (dB) = 20 \log \left| \frac{U_{dal}}{U_{hyr}} \right| \dots\dots\dots(4-4)$$

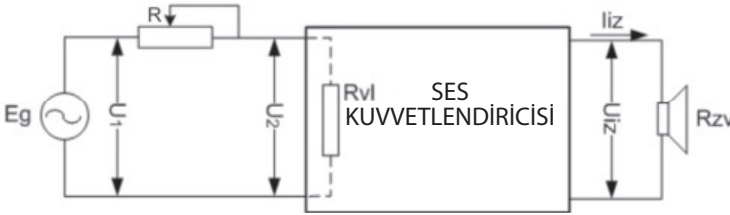
$$A_I (dB) = 20 \log \left| \frac{I_{dal}}{I_{hyr}} \right| \dots\dots\dots(4-5)$$

$$A_p (dB) = 20 \log \left| \frac{P_{dal}}{P_{hyr}} \right| \dots\dots\dots(4-6)$$

**Giriş gerilimi** ( $R_{gir}$ ) kuvvetlendiricinin girişinde değişimli gerilimin ve değişimli elektriğin efektif değerlerin bölümü olarak tanımlanıyor:

$$R_{hyr} = \frac{U_{hyr}}{I_{hyr}} (\Omega) \dots \dots \dots (4-7)$$

Kuvvetlendirme ses-üretici (ses-jeneratörü) ve elektrikli voltmetre yardımıyla ölçülüyor. Ses-üreticisi kuvvetlendiricinin girişinde takılıyor ve onun ayarlama potansiyometresi en yüksek değere yerleşiyor. Frekans kuvvetlendirmenin ölçülmesi gereken değere ayarlanıyor, jeneratörün çıkış değerinin büyüklüğü ise hoparlörden, girişte hiçbir sinyal olmayınca duyulan gürültüden çok daha kuvvetli ses işidilecek şekilde ayarlanıyor.



Res. 4-3. Giriş gerilimin ölçme şeması

Ondan sonra voltmetreyle giriş ve çıkış gerilimleri ölçülüyor, giriş ve çıkış elektrikleri ise Ohm kanunlarına göre hesaplanıyor. Giriş gerilimi bilinmiyorsa, o zaman Res. 4-3'te verilen model yardımıyla hesaplanabilir.

Ses-jeneratörün verdiği AF-sinyalin frekansı ve amplitüdü, önceden yaptığımız ölçmelerde gibi aynı şekilde ayarlanıyor. U1 ve U2 gerilimleri elektronik voltmetreyle çölülüyor, kayan potansiyometre ise  $U1=2U2$  elde edilene kadar kayıyor. O zaman  $R_{gir}=R$ . R gerilimi ommetreyle ölçülüyor.

**Maksimum çıkış gücü.** Ses kuvvetlendiricinin en yüksek (maksimum) çıkış gücü, hoparlörden biçim bozukluklarının önceden verilmiş değeri, yani izin verilmiş değeri aşmayacak şekilde elde edebilen güçtür. Her iki büyüklük (en yüksek güç ve biçim bozukluğu) kuvvetlendiricinin uygulanmasına bağlıdır. Örneğin, cep radyo alıcıları ses kuvvetlendiricilerde, bir Hi-Fi cihazın ses kuvvetlendiricisinden en yüksek gücünden çok daha alçaktır, izin verilen biçim bozuklukları ise çok daha büyüktür.

Genelde, kuvvetlendiriciye dürtü sinyali getiriliyor, ve o sırada en yüksek çıkış gücüne ulaşıyor. O zaman çıkış gücü en yüksek çıkış gücünden daha küçüktür, ancak biçim bozuklukları daha küçüktür. Dürtü sinyali, sin-

yalden daha yüksek ise, o sırada en yüksek güç elde ediliyor, çıkış gücü en yüksek güçten daha büyüktür, ancak biçim bozuklukları artıyor.

**Yararlı etki katsayısı.** Yararlı etki katsayısı ( $\eta$ ) ya da ses kuvvetlendiricinin etkinliği tüketiciye gönderilen değişimli sinyalin ortalama gücünün ve elektrik kaynağından elde edilen gücün, yüzde ile ifade edilen bölümü olarak tanımlanıyor:

$$\eta = \left| \frac{P_{dal}}{P_o} \right| 100\% \dots\dots\dots(4-8)$$

Yukarıdaki ifadede  $P_{\text{çık}}$  kuvvetlendiricinin çıkış gücüdür,  $P_o = I_o U_o$ , ( $U_o$ ) yönlendiricinin tek yönlü gerilimidir, ( $I_o$ ) ise kuvvetlendiricinin beslediği yönlendiricinin tek yönlü elektriğidir. Kuvvetlendirici bir tür enerjiyi başka türe dönüştürüyor ve her dönüştürme sırasında enerjinin bir bölümü sıcaklığa dönüşüyor. Yararlı etki katsayısı her zaman bir'den daha küçüktür.

Çıkış transistörlerin B sınıfında çalışan çıkış kuvvetlendiricinin yararlı etki katsayısının teoretik olarak en yüksek değeri 78%'dir. Bu sırada, biçim bozuklukları çok büyüktür. Bu yüzden, çalışma noktası AB sınıfında ayarlanıyor ve bu şekilde biçim bozuklukları azalıyor ve yararlı etki katsayısı için, B sınıfından daha az olan 65% değeri elde ediliyor.

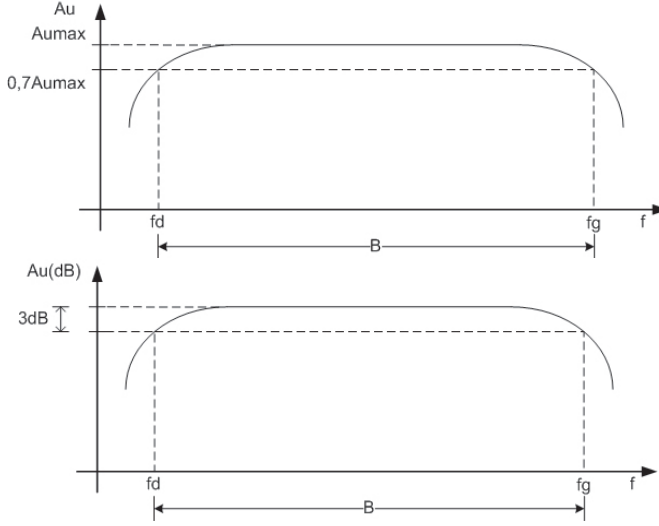
Örnek: Çıkış gücü  $P_{\text{çık}} = 15W$  sırasında,  $U_o = 30V$  gerilimde yönlendiricinin verdiği elektrik  $I_o = 0,72A$  eşit olacak. Yararlı etki katsayısının değeri şu olacak:

$$\eta = P_{\text{çık}} / P_o = 0,69 \text{ yada } 69\% \dots\dots\dots(4-9)$$

6,6W kalan güç yada yönlendiricinin gücünden 31% ile ne oluyor? Bu güç çıkış transistörlerin ısıtılması için harcanıyor, yani saf kayıp tanımlıyor. Bu kayıpların en büyük bölümü çıkış transistörlerinde meydana geliyor, çünkü onlar yönlendiricinin elektriğinden en büyük bölümünü çekiyor, ve bundan dolayı en çok ısınıyorlar.

**Geçirme kapsamı.** Kusursuz ses kuvvetlendiricinin verdiği kuvvetlendirme frekansa bağlı değil, yani kuvvetlendirici tüm sinyalleri, frekansları ne kadar olduğunu önemsemeden eşit kuvvetlendiriyor. Ancak gerçek şartlarda kuvvetlendirme Res. 4-4'te görüldüğü gibi sadece orta frekans alanlarında sabittir Daha yüksek frekanslarda, bileşenler arasında kapasite bağları, transistörlerin elektrotlar arası kapasiteler, AF-sinyalin kaynağından kuvvetlendirici-

ciye sinyal gönderilen kabloların kapasitelerinden dolayı kuvvetlendirme azalıyor. Alçak frekanslarda kuvvetlendirme düşüşü dönütün kapasitörleri, yayınlıyıcı kapasitörlerden ve benzerlerden dolayı meydana geliyor.



Res. 4-4. Frekansa bağlı kuvvetlendirmenin görünümü

Kuvvetlendirmenin düşüşü kuvvetlendirilen sinyalin biçim bozukluğuna yol açıyor, ve o sırada kuvvetlendirilen bileşenlerin amplitüdlerinin relatif ilişkisi değişiyor. Dinleyici kendi işitme duyusuyla biçim bozukluğunu anlayamazsa ve sesin değişimi 30% daha fazla değilse, kuvvetlendirilmenin düşüşüne izin verilebilir. Bundan dolayı, ses kuvvetlendiricinin geçirme kapsamı kuvvetlendirmenin en yüksek kuvvetlendirmeden 70% daha düşük olmayan frekans kapsamı olarak tanımlanıyor. Kuvvetlendirmenin, en yüksek kuvvetlendirmenin 70%'e eşit olduğu frekanslar, geçirme kapsamının alt  $f_a$  ve üst  $f_u$  sınır frekanslarıdır. Eğer kuvvetlendime desibellerle ifade edilirse, o zaman geçirme kapsamı, kuvvetlendirmenin en yüksek kuvvetlendirmeden 3dB için daha düşük olduğu frekanslar farkı ( $f_u - f_a$ ) olarak tanımlanıyor.

**Dinamik.** Kuvvetlendiricinin dinamiği, sıradan bir dinleyicinin neredeyse dikkate almadığı özelliklerden biridir. Çünkü dinamiğin eksikliği sadece müziği kuvvetlendiriciden ve konserde işitme imkanı olanlar fark edebilir. Müzik manyetik teypçalarda, müzik yetersiz dinamikle kaydedilmişse, müzik uzmanları onu sakın seslerin çalındığı sırada gürültünün işitilme-

si, çok yüksek sesli bölümlerin çalınması sırasında ise biçim bozukluklarını fark edilmesiyle tanıyorlar.

Kuvvetlendiricinin dinamiği, biçim bozuklukları izin verilen en düşük değere eşit olan ve sinyal/gürültü oranının verilen değerden daha düşük olmadığı, en yüksek gücün ilişkisidir. Kuvvetlendiricinin gürültüsü, ayarlama potansiyometre en yüksek değere ayarlanınca, girişin kısa bağlı olduğu zaman işidilen hışırtı şeklinde sestir. Bu rezistörlerde ve transistörlerde birinci derecede oluşan termik (termal) gürültüdür. Kullanıcı sinyalin gürültüden en azından on misli daha yüksek olunca gürültü fark edilmez. Gürültü, çalınan müziğin sakin bölümlerinde işidiliyor. Oynatmanın (çalınmanın) Hi-Fi kalitesi, dinamiğin 60dB'e eşit yada daha büyük olduğunda elde ediliyor ve bu milyonluk güç ilişkisine uygundur.

**Biçim Bozuklukları.** Kuvvetlendiricinin çıkış geriliminin, giriş gerilimle aynı şekli olmayınca, kuvvetlendirici için biçim bozukluklarını yarattığı deniliyor. Biçim bozuklukları üç gruba ayrılıyor: **doğrusal olmayan, frekans ve faz biçim bozuklukları.**

Doğrusal olmayan biçim bozuklukları, transistörlerin doğrusal olmayan özelliklerinden kaynaklanıyor, kuvvetlenen sinyalin ses renginin değişmesiyle tanınıyorlar ve çok nahoşlar. Bu tür biçim bozukluğu oluşturan kuvvetlendiricinin girişine sinüsoid şekilli sinyal getirilince, çıkış gerilimi az çok sinüsoide benzeyen birşeydir. Giriş sinyalin frekansı  $f$  ise, o zaman çıkış sinyali harmonik bileşenlerine ayrılabilir ve onların frekansları  $f$  (birinci yada temel harmonik),  $2f$  (ikinci harmonik) ve  $3f$  (üçüncü harmonik) olacak. Doğrusal olmayan biçim bozuklukları sayısal olarak klar-faktör yada biçim bozukluk faktörüyle ifade ediliyorlar:

$$K = \frac{\sqrt{U_2^2 + U_3^2 + \dots}}{U_1} \dots\dots\dots(4-10)$$

Yukardaki ifadede  $U_1$  birinci harmoniğin amplitüdüdür,  $U_2, U_3$  vs. ise ikinci, üçüncü vs. harmoniklerin amplitüdleridir.

Bir zamanlar 10% biçim bozuklukları izin verili bozukluklar olarak sayılıyormuş, ancak bugün durum öyle değildir, çünkü çağdaş kuvvetlendiricilerde çok kolay şekilde çok küçük klar-faktörleri elde ediliyor. Kuvvatendiricinin girişinde fazla sinyal gelirse, bu sinyallerin temel ve daha yüksek har-

monikler dışında, frekansları temel frekansların toplamına ve farkına eşit olan bileşenler de vardır. Bu biçim bozukluklarına harmonik olmayan biçim bozuklukları denir.

**Doğrusal olmayan biçim bozuklukları**, çalmanın kuvveti yükselince, P çıkma  $x$ 'a ulaşılana kadar yavaşça büyüyor. P çıkma  $x$  aşılınca, biçim bozuklukları hemen artıyor ve bu durumda kaliteli çalma elde etmek için, en yüksek çıkış gücü, bir mekanın seslendirilmesi için gerekli olan güçten daha yüksek olan kuvvetlendirici kullanılmalıdır.

Tüm frekanslar için sinyal kuvvetlendirmelerin eşit olmamasından kaynaklanan **frekans biçim bozuklukları**, bizi ilgilendiren frekansların kuvvetlendirmeleri ve en yüksek kuvvetlendirme yada orta frekansların kuvvetlendirilmesinin ilişkisi olarak tanımlanıyor. Genelde, geçirme kapsamının sınır frekanslarında, frekans biçim bozuklukların 3dB olmaları, kapsam içinde ise bozuklukların daha küçük olmaları aranıyor. Bu tür biçim bozuklukları sadece müziği kuvvetlendiriciden işiten yada orjinel performansta işitme imkanı olan dinleyiciler tanıyabilir.

**Faz biçim bozuklukları**, kuvvetlendirilen sinyallerin bileşenleri arasında faz kaymalarını değiştiren, kuvvetlendiricinin reaktif bileşenleri (kapasitörler, sarımlar) etkisi altına meydana geliyorlar. Bu biçim bozuklukları dinleme yardımıyla kaydedilmediğinden dolayı, AF-kuvvetlendiriciler için büyük önem taşımıyorlar.

### 4.3. SES KUVVETLENDİRİCİNİN BLOK-MODELİ

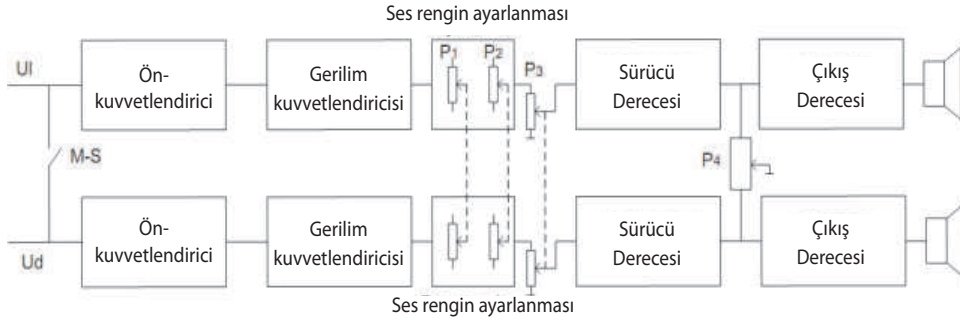
Ses kuvvetlendiricileri, girişinde monofonik yada stereofonik olabilen elektroakustik ses kaynağından gelen sinyalleri kuvvetlendiren çokdereceli elektronik cihazlardır.

Stereofonik kuvvetlendirici tamamen aynı iki AF-kuvvetlendiriciden oluşan iki-kanallı cihazdır. AF-kuvvetlendiriciye AF-sinyal kaynağından  $U_{sol}$  ve  $U_{sağ}$  ile işaretlenen sol ve sağ sinyal getiriliyor.

Res.4-5'te stereofonik kuvvetlendiricinin blok-modeli verilmiştir. Monofonik kuvvetlendiricinin blok-modeli, stereofonik blok modelinin bir yarısı gibidir, sadece M-S anahtarı ve  $P_4$  potasyometresi yoktur.



İlk üç kuvvetlendirici aşamanın temel amacı, gereken güçlüğü elde etmek için, giriş sinyalini çıkış sinyalını tahrik etmek için gereken seviyeye yükseltmektir.



Res. 4-5. stereofonik ses kuvvetlendiricinin blok-modeli

**Ön-kuvvetlendirici** ses kuvvetlendiricinin birinci yükseltme aşamasıdır. Burada oluşan gürültü, herhangi başka bir aşamada daha da fazla kuvvetlenmemesi için olabildiği kadar küçük olmalıdır. Bu yüzden, sadece ön-kuvvetlendiricide kullanmak için üretilen alçak gürültülü rezistörler ve alçak gürültülü transistörler kullanılıyor. Ön-kuvvetlendiricinin giriş direnci, AF-sinyal kaynaklar üreticilerin verdikleri yük direncinin en uygun değerine eşit olmalıdır, çünkü o zaman kuvvetlendiricinin sinyal/gürültü oranı geçirme kapsamı açısından en iyi sonuçlar elde ediliyor. Amplitüd-frekans özelliği AF-kaynağının frekans özelliğine bağlıdır. Gerilim kuvvetlendiricide gereken kuvvetlendirme ve ses rengin ayarlama devresinin yarattığı kayıpların azalması gerçekleştirilir.

**Ses renginin ayarlama devreleri**, kuvvetlendiricinin frekans özelliğini belirleyen filtreleri oluşturan bir, iki yada fazla potansiyometre veya kapasitörler ve rezistörlerden oluşuyor. Bu devrelerin yardımıyla ve kullanıcıların gereklerine bağlı olarak geçirme kapsamını belli bir bölümünde kuvvetlendirme azalıyor yada artıyor. Alçak frekanslarda iyi ses üretme olanağı olmayan hoparlörler kullanılırsa, o zaman bu frekanslarda kuvvetlendirme, orta ve yüksek frekanslardaki kuvvetlendirmeden daha büyük olmalıdır. Stereofonik kuvvetlendirmelerde, iki kanalda ses renginin ayarlanması

için kullanılan kayan potansiyometreler mekanik olarak bağlıdır. Bu şekilde, Res.4-5'te kesilmiş çizgilerle gösterilen, iki kanalda aynı zamanda ses renginin değişmesi sağlanıyor. Benzer şekilde, ses şiddetinin ayarlanması için kullanılan  $P_3$  potansiyometreleri de bağlıdır.

Güç kuvvetlendirici olarak adlandırılan çıkış aşamasında, kuvvetlendiricide gereken güce ulaşıyor. Onda elektrik gücünü akustik güce dönüştüren hoparlör takılıyor. M-S anahtarı stereofonik sinyallerin kuvvetlendirilmesi sırasında açıktır. Monofik sinyallerin kuvvetlendirilmesi sırasında, sinyalin iki kanalda kuvvetlendirilmesi için, bu anahtarın kapalı olması gerekiyor.  $P_4$  potansiyometresi denge potansiyometresi olarak adlandırılıyor. Resimdeki iki kanal aynıdır, ve ses üretimi sırasında sesin iki kanaldan aynı olması için kuvvetlendirmenin ayarlanması mümkündür, eşit ses ise stereofonik reproduksiyon için gereklidir.

Zamanla, kuvvetlendiricinin oluştuğu bileşenlerin yapıları olduğu malzemelerin farklı eskileme hızından dolayı, kanalların kuvvetlendirmeleri arasında fark oluşabilir. Denge potansiyometresi yardımıyla, kullanıcı gereken düzeltmeyi yaparak, kuvvetlendirmenin iki kanalda aynı olması için kuvvetlendirmeyi ayarlıyor. Denge potansiyometresi iki kanalda iki aynı nokta arasında bağlıdır, kaydırıcı ise tabloya bağlıdır.

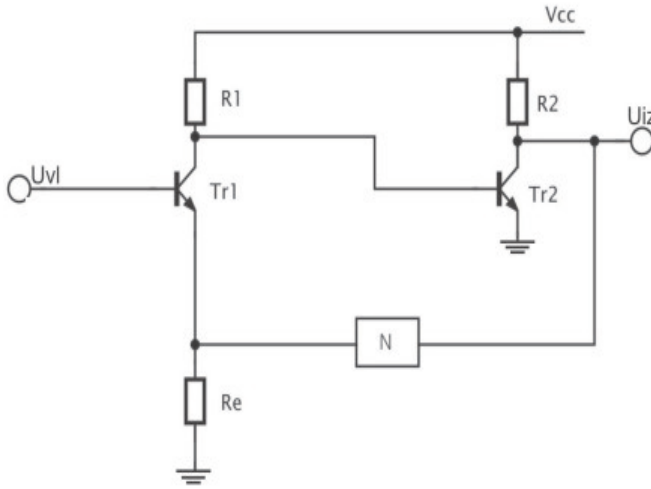
Kaydırıcının hareketlenmesiyle, sinyalin yüksekliği bir kanalda yükseliyor, diğer kanalda ise azalıyor.

Başka bazı çözümlerde ses renginin ayarlanması ve ses şiddetinin ayarlanması için potansiyometrelerin yerlerinin değişmesi mümkündür. Böylece  $P_5$  potansiyometresi, gerilim kuvvetlendiricilerin yakınlığında bulunan potansiyometrelerin önünde yer alabilir.

#### **4.4. ÖNKUVVETLENDİRİCİ**

Önkuvvetlendirici AF-kuvvetlendiricinin ilk aşamasıdır ve girişinde genelde kuvvetlendirilmesi gereken sinyal getiriliyor. Getirilen sinyal mikrofondan, manyetik teypçalar başından, radyo alıcı detektörden elektrik sinyali olabilir. Tüm bu AF-sinyal kaynakların farklı iç dirençleri ve frekans özellikleri vardır. Bundan dolayı, önkuvvetlendiricinin elektrik devreleri gi-

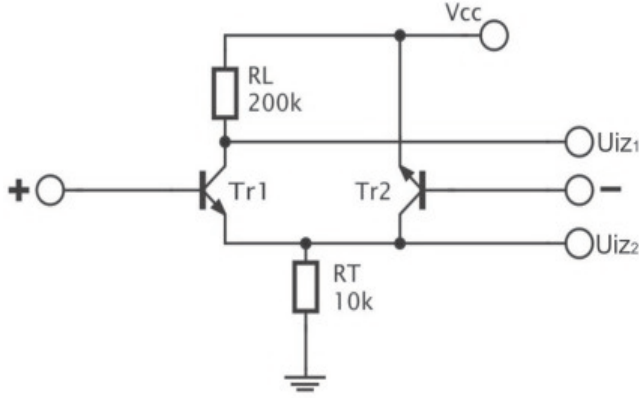
riş direnci ve frekans özelliği açısından farklı olacak. Tüm ses sinyallerin benzer özellikleri ve aramaları olduğundan dolayı, küçük değişimlerle uygun amplitüd özelliği elde edilen aynı ilkeli devre uygulanabilir. İki kutuplu tansistörlü önkuvvetlendirici olarak en iyi sonuçlar veriyor. İlkeli modelin devresi Res.4-6'da gösterilmiştir. Bu devre, küçük değişmelerle profesyonel stüdyolarda olduğu gibi, geniş kullanımlı Hi-Fi ses cihazlarında da kullanılıyor. Bu devre  $T_1$  ve  $T_2$  transistörlerden yapılan iki aşamalı kuvvetlendiriciden oluşuyor. Kuvvetlendirilmesi gereken sinyal birinci tansistörün temeline getiriliyor. Çıkış sinyali ikinci transistörün toplayıcısında elde ediliyor.



Res. 4-6. Alçak ses sinyalleri için önkuvvetlendiricinin ilkeli modeli

Devrede negatif geri bağ da var (N devresi). Bu devrenin, tüm kuvvetlendiricinin amplitüd özelliğinin dengelemesini gerçekleştiren frekans özelliği var. N devresi pasif RC elemanlardan oluşuyor. Geri bağlantının kullanımı kuvvetlendiricinin çıkış empedansını azaltırken, aynı zamanda giriş empedansını artır. Bu özellik, sorunsuz daha uzun kablonun da bağlanmasını sağlıyor.

Ses kuvvetlendiricileri olarak takılan tümleşik devreler kullandığımız zaman, girişte temel devre, şeması Res.4-7'de verilmiş diferensiyel (türetik) kuvvetlendiricisidir.



Res. 4-7. Diferensyel kuvvetlendiricinin modeli

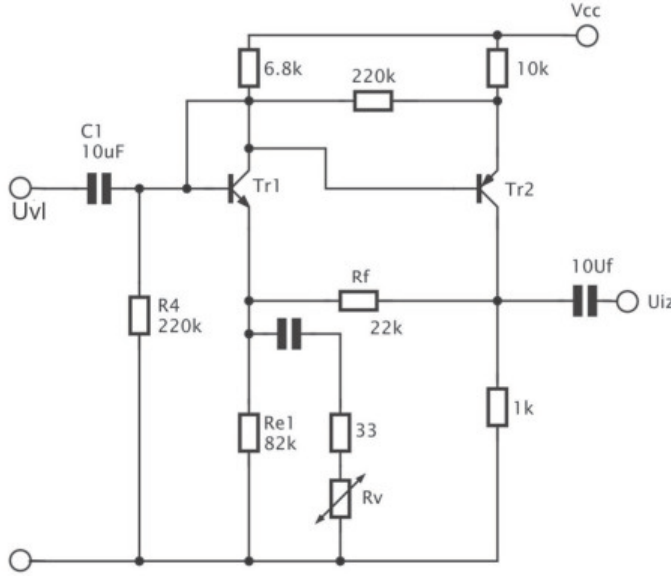
#### 4.4.1. Mikrofon Girişli Önkuvvetlendirici

Mikrofon girişli önkuvvetlendiricinin rolü, mikrofondan gelen çok küçük amplitüdü sinyalleri kuvvetlendirmesidir. Mikrofon sinyalinin çok büyük dinamiği olabilir, öyle ki onun amplitüdü birkaç mV'tan 500mV'a kadar değişebilir. Böyle yüksek dinamik sırasında, kuvvetlendirici büyük biçim bozuklukları yaratamaması gerekiyor. Bu özellikle büyük amplitüdü sinyaller için kritiktir.

Çıkış empedansına bağlı olarak, mikrofonlar iki temel gruba ayrılabilir. Mikrofonlar: empedansları 20kΩ sıralarından ve 200mV sıralarından büyük sinyaller veren *yüksek-omlu mikrofonlar* ve empedansları 200Ω sıralarından ve 2mV sıralarından küçük sinyaller veren *alçak-omlu mikrofonlar* olabilir. Yüksek omli mikrofonlarda, yüksek iç empedans dolayından, dış etkilerden etkilenme olanağı var ve onun için bu mikrofonlar genelde kaplanıktır.

Ayrık performansta mikrofon kuvvetlendiricinin modeli Res.4-8'de verilmiştir. N geri bağ devresi  $R_f$  rezistörle verilmiştir. Mikrofon kuvvetlendiricisi, yüksek kuvvetlendirme istikrarla ve küçük biçim bozukluklarıyla nitelendirilir. Mikrofondan sinyal, kapasitör (kondansatör) aracılığıyla iki aşamalı kuvvetlendiriciye gönderiliyor. Çıkış sinyali ikinci transistörün toplayıcısında elde ediliyor. Toplam kuvvetlendirme  $A = \frac{R_f}{R_e}$ , ifadesiyle belirlenebilir.  $R_e$ ,  $T_1$  transistörün toplam direncidir. Devrede kuvvetlendirme  $R_f$

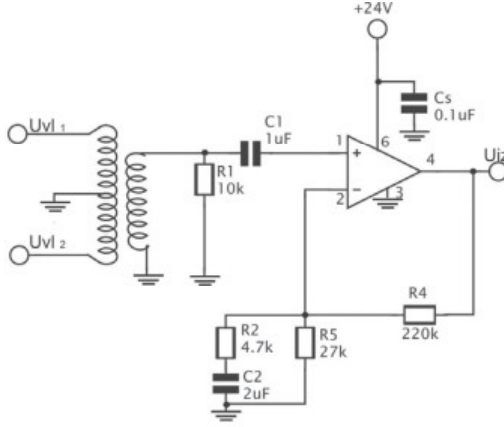
rezistörü veya  $R_e$  rezistörü yardımıyla değişebilir. Kuvvelendirmenin değişmesi  $R_e$  rezistörüyle yapılması tavsiye edilir, çünkü  $R_e$ 'nin kullanımıyla devrenin çıkış özelliği değişmiyor. En ufak gürültü, mikrofonun direnci  $1k\Omega$  ve kuvvetlendiricinin giriş empedansı yaklaşık  $75 k\Omega$  olduğu durumda meydana geliyor. Devrenin kuvvetlendirilmesi 10dB'den 60dB'e kadar değişebilir, biçim bozukluğu ise 10mV ile 600mV arası giriş sinyali için 0,2% değerinde olacak.



Res. 4-8. Mikrofon kuvvetlendiricisi

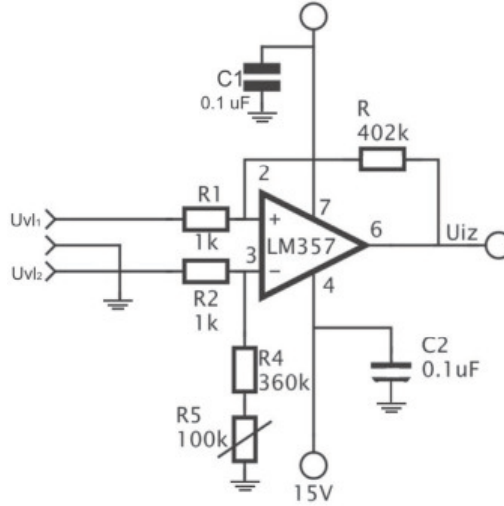
Mikrofon, kuvvetlendiriciyle iki şekilde bağlanabilir: asimetrik – biri tabloya bağlı iki iletken yardımıyla, ve simetrik – biri tabloya bağlı, iki sinyali taşıyan iletken olmak üzere üç iletken yardımıyla. En sıkça simetrik bağ kullanılıyor. Simetrik bağlama iki şekilde gerçekleştirilebilir: merkez noktası tabloya bağlı olan transformatör yardımıyla ve diferansiyel işlem kuvvetlendiricilerle.

Çoğunlukla simetrik bağ kullanılıyor, özellikle sinyalin dış engeller ve etkilerin radikal azalması gereken yerlerde. Res.4-9'da merkez kaynaklı transformatörün kullanımıyla mikrofonun kuvvetlendiriciyle simetrik bağlanmasının şeması verilmiştir



Res. 4-9. Mikrofonla simetrik bağlanma

Bu devrede aktif eleman olarak LM387A tümleşik işlem kuvvetlendiricisi kullanılıyor. Mikrofondan sinyal, transformatör aracılığıyla işlem kuvvetlendiricinin girişine getiriliyor. Mikrofonun direnci  $R_m = 200\Omega$  ise ve  $R_1$  rezistörün  $10k\Omega$  direnci varsa, o zaman dönüşme oranı  $R_m / R_1$  olacak. Dönüştürücünün kullanımıyla 60dB'den engeller azalması elde edilebilir. Mikrofonun dönüştürücü aracılığıyla kuvvetlendiriciyle simetrik bağlanması bazı durumlarda sorun olabilir. Onun için bağlantının dönüştürücü kullanmadan kurulabilmesi daha iyidir.



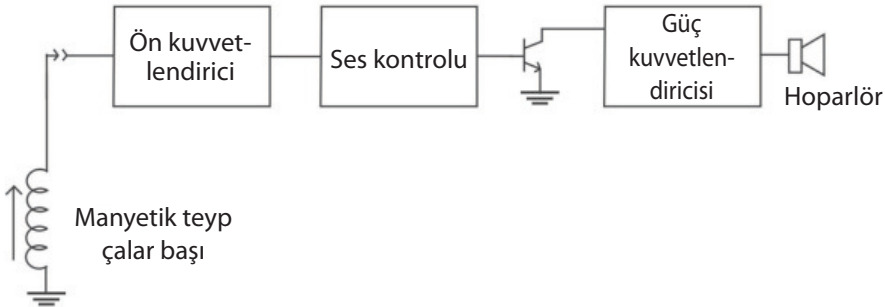
Res. 4-10. Mikrofon kuvvetlendiricisi

Dönüştürücü kullanılmadan, simetrik bağlantı iki girişli diferensiyel kuvvetlendirici kullanıyor. Bu kuvvetlendiricilerde zayıflama büyüktür. Res.4-10'da mikrofon kuvvetlendiricisi verilmiştir. Bu devrede LN357 tümleşik kuvvetlendirici kullanılıyor. Kuvvetlendirme  $R_3$  ve  $R_1$  rezistörlerin oranıyla belirleniyor ve LN357 kuvvetlendiricisi için 52dB'dir.

#### 4.5. AMPLİTÜD ÖZELLİĞİNİN AYAR DEVRESİ

Çalınan konuşmanın veya müziğin amplitüd-frekans özelliğinin değişmesini sağlamak için, ses kuvvetlendiricinin giriş sinyalin frekansına bağlı olarak ses sinyalin bazı bileşenlerin relatif gücü, yani kuvvetlendirmenin değişebilmesine yardım eden özel elektronik devreler içeriyorlar. Bu devrelerin yardımıyla bazı frekansların bileşenleri, diğer frekans bileşenlerine göre kuvvetlendiriliyor. Amplitüd özelliklerin kontrolü için, kuvvetlendiricinin devresinde uygun şekilde bağlanmış rezistörler ve kapasitörler kullanılıyor. Çoğunlukla (alçak frekanslı filtreler olarak) RC devreleri yada (yüksek frekanslı filtreler olarak) CR devreleri kullanılıyor.

Sesin kontrolü için kullanılan devrenin blok-modeli Res.4-11'de verilmiştir.

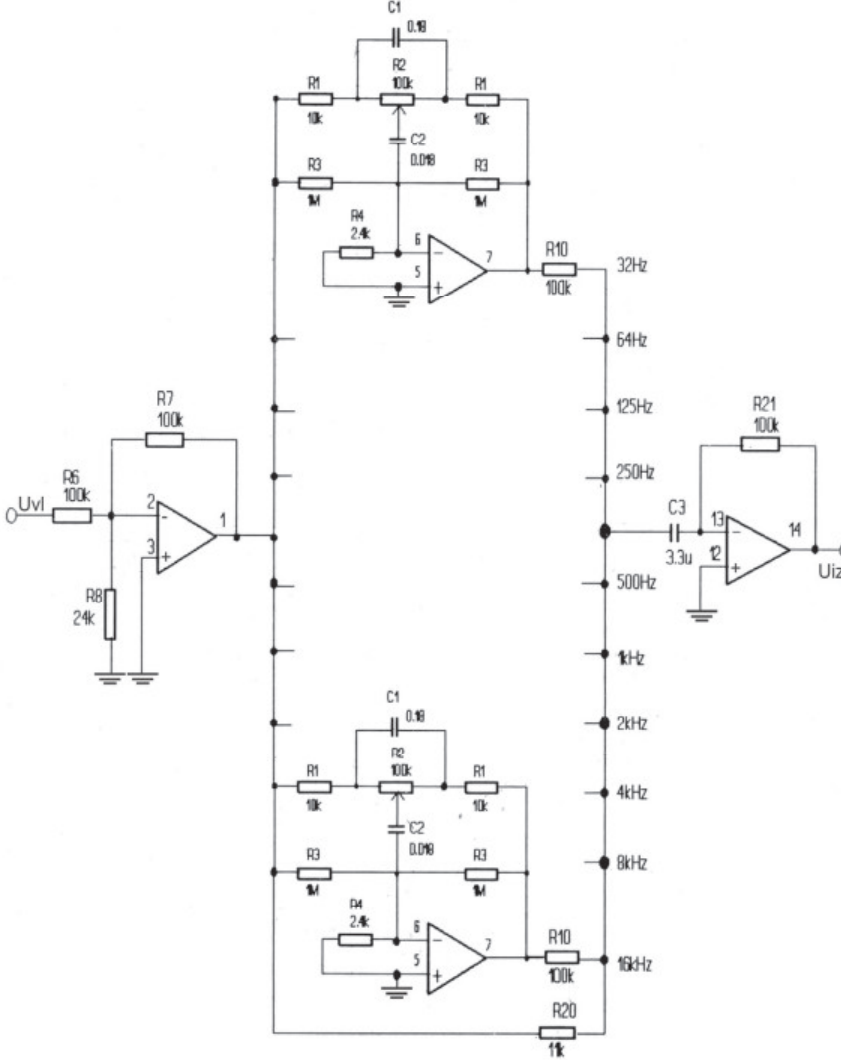


Res. 4-11. Ses kontrol devresi

Blok-modelinden ses kontrol devresinin hemen güç kuvvetlendiriden önce bulunduğu görünüyor. Ses kontrol devreden sinyal transistöre gönderiliyor ve böylece sinyal/görüntü oranı düzeliyor. Transistör aşaması yerine, az gürültülü tümleşik teknikte bazı kuvvetlendirici kullanılabilir.

### 4.5.1. Grafik Denkleştirici

Grafik denkleştirici farklı frekanslarda aynı anda ses kontrolü gerçekleştiriyor. Tüm audyofrekans kapsamı birkaç bölüme-oktavlara ayrılıyor. Her bölüm için oktalara göre ses kontrol devreleri var. Frekans kapsamında ne kadar oktav varsa, o kadar farklı devre de vardır.



Res. 4-12. Denkleştirici modeli

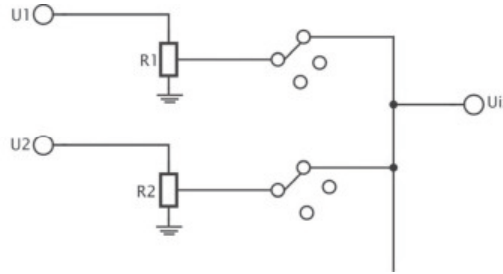
Bir grafik denkleştiricinin dengeleyicinin komple modeli Res.4-12'de verilmiştir. Bu devre oktalara göre on ses kontrol devresinden oluşuyor.



Devreler paralel ve birer birer sıralı bağlanarak, birbirini etkilemiyor. Ses sinyali kuvvetlendiricinin girişi aracılığıyla kuvvetlendiriliyor ve oktav üzerinden paralel bağlanmış ses kontrol devrelerine gönderiliyor. Giriş kuvvetlendiricinin büyük giriş ve küçük çıkış empedansı var. Böylece uygun şekilde bu devreleri dürtüyor. Ses kontrol devrelerin birbirinden bir oktav için farklı olan merkez frekansları var (32Hz, 64Hz, 125Hz, 250Hz...onuncu oktava, yani 16kHz'e kadar). Bunu farklı kapasitörlerin kullanımıyla elde ederiz. Bu şekilde 32Hz'ten 16kHz'e kadar tüm ses kapsamı örtülüyor. Her ses kontrolü kuvvetlendiricinin çıkışındaki sinyal, çıkış kuvvetlendirici yardımıyla  $R_{10}$ - $R_{19}$  rezistanların aracılığıyla toplanıyor. Bu şekilde tüm kapsamlar içinde eşit kuvvetlendirme elde ediliyor. Tüm denkleştirici için eşit kuvvetlendirme sağlamak için,  $R_{20}$  rezistörü takılıyor ve onun yardımıyla kontrol edilen sinyallerin toplamından orijinel sinyalin çıkarılması gerçekleşiyor.

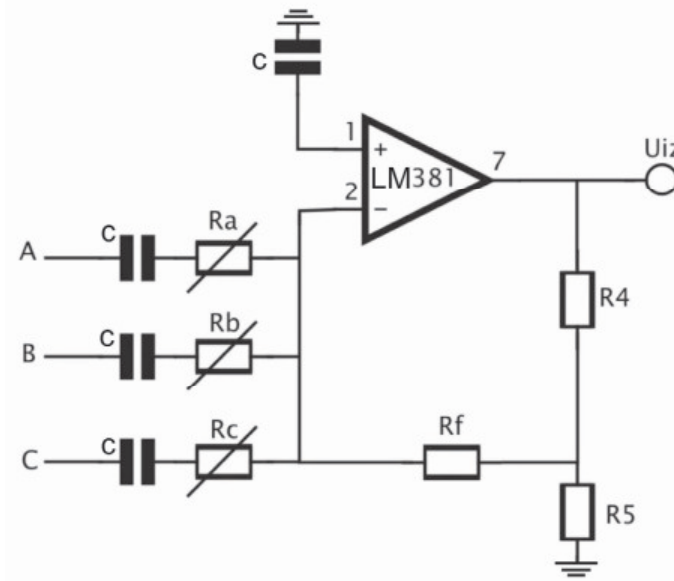
#### 4.5.2. Karıştırıcı-Mikset

Birçok ses sisteminde farklı kaynaklardan gelen sinyallerin karışması gerekiyor. Sinyal karışımını bir mikrofondan fazla, manyetik teypçalar, Hi-Fi malzemeleri, gitar ve benzeri kullanan sistemler arıyor. İki sinyalin karışmasının en basit modeli Res.4-13'te verilmiştir.



Res. 4-13. Karıştırıcı-miksetin ilkeli modeli

Bu devreler sinyal seviyesinin ayarlama potansiyometreleri içeriyorlar. Bunlar devrenin çıkış empedansına etkileyerek, çıkış sinyalinin azalmasına neden oluyor. Potansiyometrelerin etkisini azaltmak için, genelde potansiyometrelerle aynı sırada büyük izolasyon rezistörü yerleşiyor. Res.4-14'te işlem kuvvetlendirici kullanan miksetin devresi gösterilmiştir.



Res. 4-14. Miksetin ilkeli modeli

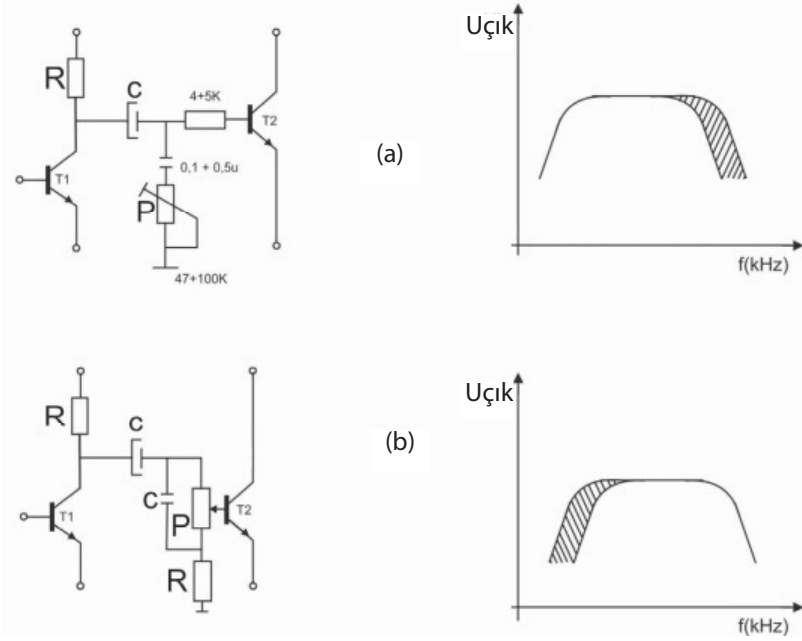
Yukarıda verilen devrede giriş sinyalleri A, B ve C girişlerine getiriliyor. Giren sinyaller  $R_a$ ,  $R_b$  ve  $R_c$  rezistörlerin. Rezistörlerde direncin değişmesiyle sinyallerin farklı seviyeleri elde ediliyor ve bu şekilde gereken karışma da elde ediliyor.

#### 4.6. SES RENGİ AYARI

Pratikte, sıkça ses tonunun rengini değiştirme gereği ortaya çıkıyor. Bu şekilde konuşmanın daha iyi anlaşılması veya müziğin daha iyi kalitesi elde ediliyor. Örneğin, ritmin hakim olduğu müziği dinlerken, alçak frekanslardaki seslerin öne çıkması faydalıdır. Aksine, bir konuşmayı dinlerken alçak frekansların bastırılması gerekiyor. Bu ve buna benzer olaylarda, *çalınan sesin belirli bileşenlerinin öne çıkması ya da bastırılması*, ses rengini ayarlama devreleri yardımıyla gerçekleşiyor. Bu devreler, geçirme özelliğinin şeklini ve AF-kuvvetlendiricinin geçirme kapsamının değişmesine yardım eden elektrikli devrelerdir.

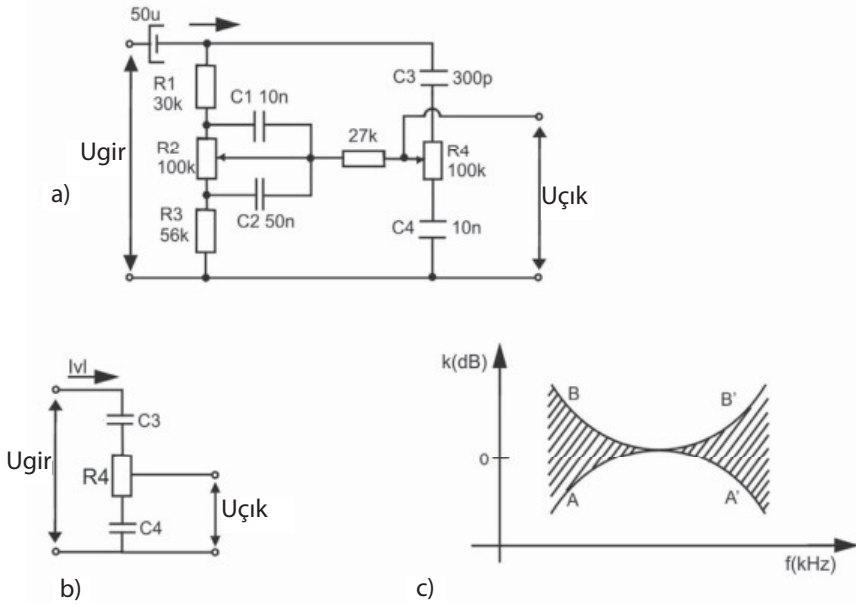
Res.4-15'te devresinde bir potansiyometre içeren ses renginin ayarlanması için elektrikli modeli ve onun özelliği gösterilmiştir.

Kaydırıcı altta bulunduğu zaman kapsam en geniştir (Res.4-15-ada dolu çizgi).



Res. 4-15. Ses rengi ayarı için elektrikli modeller ve özellikler

Kaydırıcı en üst pozisyona yerleştiği zaman, daha yüksek frekansların cereyanları C aracılığıyla tabloya gidiyor. Bu şekilde  $T_2$  transistörün etrafından geçiyor. Bu durumda, geçirme eğri çizgisi kesilmiş çizgiyle tanımlanmıştır. Kaydırıcı ara pozisyonda olunca, geçirme eğri çizgisi dolu ve kesilmiş çizgiler arasında bulunuyor. Benzer şekilde, alçak frekanslar alanında, geçirme kapsamının genişliğini de ayarlanması gerçekleşebilir (Res.4-15-b). Kaydırıcı üst pozisyonda bulunduğu zaman, C kısa bağlıdır ve  $T_1$  transistörünün toplayıcıdan tüm frekansların sinyalleri  $T_2$  temeline doğrudan gidiyorlar (Res.4 -15-b'de dolu çizgi). Kaydırıcı alt pozisyonda olduğu zaman, daha yüksek frekanslı sinyaller C kapasitörü aracılığıyla  $T_2$  transistörün temeline gidiyorlar. Alçak frekanslı sinyaller potansiyometre üzerinden geçerek, sinyaller zayıflıyor (Res.4-15-b'de kesilmiş çizgi)



Res. 4-16. Ses renginin iki potansiyometre yardımıyla ayarlanması

Ses renginin en iyi ayarlanması (Res.4-16-a)'da gösterilmiş devre yardımıyla gerçekleştirilebilir.  $R_2$  potansiyometrenin yardımıyla alçak frekanslar alanında geçirme eğrisinin ayarlanması gerçekleşiyor,  $R_4$  potansiyometrenin yardımıyla ise aynı yüksek frekanslar alanında yapıyor. (Res.4-16-c)'de potansiyometrenin üst ve alt pozisyonlar için bu devrenin geçirme eğri çizimleri gösterilmiştir. Logaritmik ilişkisinde yatay ekseninde frekans tanımlanıyor. Dikey ekseninde tanımlanan K büyüklüğü, şu ifadeyle tanımlanıyor:

$$K = 20 \cdot \log \frac{K_1}{K_2} \dots\dots\dots(4-11)$$

Yukarıdaki ifadede  $K_1$  her frekans için çıkış ve giriş gerilimin oranıdır,  $K_2$  ise 1.000Hz'lik frekans ta çıkış ve giriş gerilimin oranıdır.

Örneğin, A noktası  $R_2$  potansiyometrenin kaydırıcısı en üst pozisyonunda ayarlanmışken elde edilmiştir, girişte ise 100Hz frekanslı gerilim elde ediyor. Böyle durumda  $K_1$  büyüklüğü şu ifadeyle verilmiştir:

$$K_1 = \frac{u_{dal} \cdot 100}{u_{hyr} \cdot 100} \dots\dots\dots(4-12)$$

Girişte ise frekans 1000Hz'ye yükselirse o zaman oran da değişiyor:

$$K_2 = \frac{u_{dal} \cdot 1000}{u_{hyr} \cdot 1000} \dots\dots\dots(4-13)$$

B noktasını aynı şekilde elde ediyoruz, sadece R<sub>2</sub>'nin kaydırıcısı bu durumda en alt pozisyonda duruyor. Kaydırıcılar orta pozisyonlarda iken, geçirme eğrisi 0dB için çizgiye uygundur. R<sub>2</sub> potansiyometrenin kaydırıcısı üst pozisyonda olduğu zaman, geçirme eğrisinin A-A' şekli var. Bu durumda, hem alçak hem yüksek frekanslar bastırılmış durumda olacak. R<sub>2</sub>'nin kaydırıcısı aşağıya indirilirse, geçirme eğrisinin şekli B -A' şekline değişiyor, yani bu durumda bas sesleri öne çıkıyor. İki kaydırıcının belli ara pozisyonlarda yerleştirilmesiyle, alçak ve yüksek frekansların öne çıkarılması yada bastırılması elde edilebilir, geçirme eğri çizgisi ise çizgili bölümde yer alabilir.

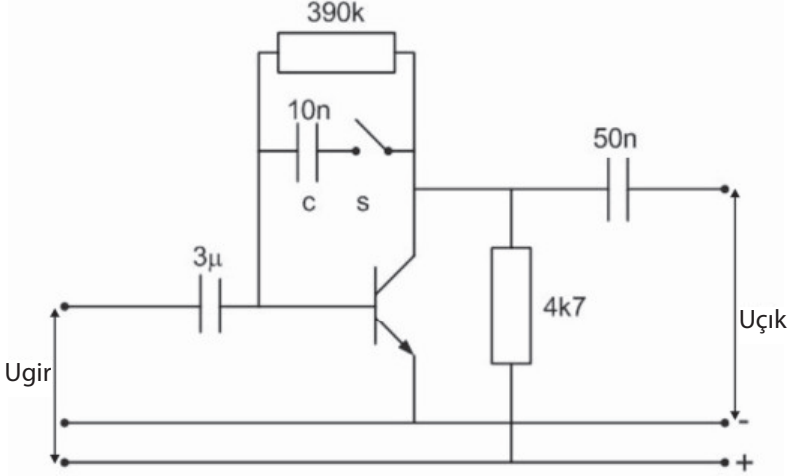
u<sub>gir</sub> giriş gerilimin etkisi altında i<sub>gir</sub> elektriği akıyor. Girişte büyük sayıda farklı frekanslı sesler gelince, o zaman giriş elektrik ceryanı da büyük sayıda bileşenlerden oluşuyor. Alçak frekansların elektrik ceryanları R1 aracılığıyla AF için kapsam düzenleyicisine akıyor, çünkü alçak frekanslarda direnç C<sub>3</sub> reaktansından çok daha küçüktür. Daha yüksek frekanslı elektrikler için R<sub>3</sub>'ün direnci 30kΩ'dan daha küçüktür ve bu kadar büyük frekanslı elektrik ceryanları yüksek frekans için kapsam düzenleyiciye - R<sub>4</sub> direncine gidiyor. Res 4-16-b'de yüksek frekanslar için düzenleyici gösterilmiştir. Çıkış gerilimin değeri şu ifadeyle elde ediliyor:

$$u_{dal} = \frac{u_{hyr} \cdot R}{\sqrt{R_4^2 + \left( \frac{1}{\omega \cdot C_3} + \frac{1}{\omega \cdot C_4} \right)^2}} \dots\dots\dots(4-14)$$

R4 alt pozisyona yakın olan potansiyometre kaydırıcısının bölümünde ki dirençtir.

P4'ün değerini değiştirerek, ve onunla beraber u<sub>çık</sub> da değişerek, alçak frekanslı elektrikler R<sub>3</sub> üzerinden akıp, ondan sonra C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> ve R<sub>3</sub>'ten akacak. R<sub>2</sub>'nin kaydırıcısının üst pozisyonuna kaydırılması sırasında, C<sub>2</sub> kapasitörün etkisi giderek büyüyor, yani C<sub>2</sub>'den elektrik ceryanı yükseliyor, R<sub>2</sub>'den ise azalıyor. Böylece R<sub>2</sub>'de gerilim azalıyor, bunun anlamı ise R<sub>2</sub>'nin kaydırıcıda gerilim düşüşünün azalmasıdır. Daha yüksek seslerin daha fazla olmaları gerekirse, o zaman C<sub>3</sub>'ün değeri artmalıdır (2-3μF). Ters durumda, YF-seslerin

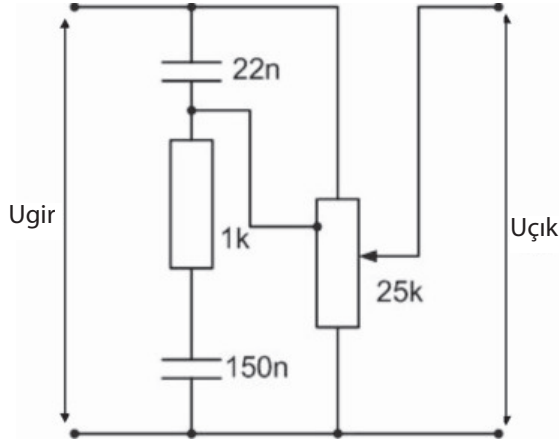
bastırılması gerekiyor ve  $C_4$ 'ün değeri artmalıdır ( $100\mu\text{F}$  'a kadar). Yüksek frekansların düzenleme kapsamı  $R_1$ 'in azalmasıyla büyüyebilir. Kaliteli kuvvetlendiricilerde, sınır frekansların ayarlama kapsamı yaklaşık 20dB'dir ve o zaman ses renginin ayarlama devresinin sinyal zayıflığına yol açabileceği göz önüne alınmalıdır. (1.000Hz frekansında  $u_{\text{çık}}/u_{\text{gir}}$  oranı 0,05'ten büyük değil, bu duruma da  $20 \cdot \log 0,05 = -26\text{dB}$  zayıflama denk geliyor).



Res.4-17. Ses renginin ayarlama devresi

Bunu telafi etmek için, genelde iki kuvvetlendirme aşaması ekleniyor – birini ses renginin ayarlama devresi önünde, diğeri ise bu devreden sonra yerleştiriliyor. Taşınabilir alıcılarda daha basit ses renginin ayarlama devreleri de kullanılıyor. Res.4-17'de böyle bir çözüm gösterilmiştir. Açık S anahtarı sırasında, tüm frekanslardan sinyaller zayıf kuvvetlendirmiş durumdadırlar. S anahtarı kapanınca, 10nF'lık kapasitör aracılığıyla kuvvetlendirilmenin zayıflamasına yol açan negatif tepki gerçekleştiriliyor. Frekans artınca, tepki daha büyüktür, YF'tan sesler ise AF ve OF (Orta Frekans) seslerinden daha az kuvvetlendirilmiştir.

Res.4-18'de, fizyolojik gücünü düzeltmek için devre verilmiştir. Potansiyometre kuvvetin ayarlanması için kullanılıyor. Potansiyometrede,  $1k\Omega$ 'luk rezistör aracılığıyla, 22nF ve 150nF'lık kapasitörlerin bağlandığı çıkış hattı yapılmış bulunuyor. Bu devrenin yardımıyla, YF ve OF seslerin üretimi sırasında güç azalırken, YF ve OF seslerin alçak frekans (AF) seslerinden daha büyük ölçüde zayıflamasına yol açılıyor.



Res. 4-18. Gücün düzeltilmesi için kullanılan devre

Çalma gücünün bu şekilde ayarlanması dinleyiciye daha uygundur, çünkü insanın işitme duyusu farklı frekans seslerine aynı ölçüde duyarlı değildir. Örneğin, 200 ve 1.000Hz frekanslı iki sesin kuvveti aynı değer için azalır, insana 200Hz frekanslı sesin daha fazla zayıfladığı geliyor. Res.4-18'deki devrenin yardımıyla dinleyicinin iki sesin aynı zayıfladığı izlenimi elde ediliyor.

#### 4.7. GÜÇ KUVVETLENDİRİCİLERİ

Güç kuvvetlendiricisi aynı zamanda tüketiciye gereken gücü veren çıkış aşamasıdır. Güç kuvvetlendiricisi hoparlöre bağlanıyor ve burada elektrik gücü akustik güce dönüşüyor. M-S anahtarı stereofonik sinyallerin kuvvetlendirildiği zaman açıktır (Res.4.5). Monofonik sinyallerin kuvvetlendirildiği sırada bu anahtar kapalıdır.

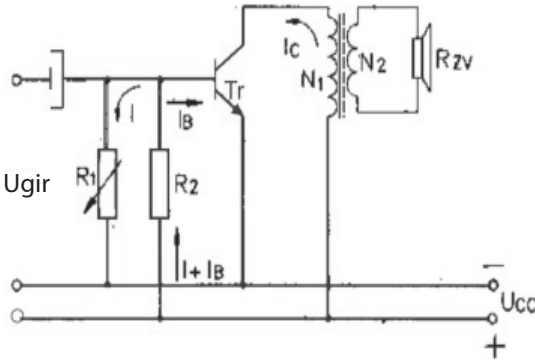
AF-kuvvetlendiricinin çıkış aşamasının temel rolü tüketicinin (hoparlörün) tahrik edilmesi için gereken çıkış gücünü üretmektir ve bundan **doğayı güç kuvvetlendiricisi** olarak adlandırılıyor.

Radyo alıcılarında, çıkış aşamasında elde edilen güç, tüm diğer aşamalardaki toplam güçten çok daha büyüktür. Bu yüzden onun yararlı etki katsayısına özel önem veriliyor. Bu katsayı iyiye, o zaman tüm cihazın bu katsayısı olacak. Bu özellikle tekyönlü kaynaktan beslenen taşınabilir cihaz-

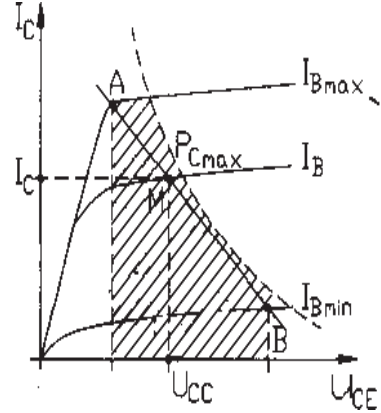
lar için önemlidir. Güç kuvvetlendiricisinde, yararlı etki katsayısı tüketicide (hoparlörde) elde edilen elektrik çıkış gücünü  $P_{\text{çık}}$  ve kuvvetlendiricinin elektrik kaynağından aldığı tek yönlü güç  $P_0$  arasında ilişkidir.

$$\eta = \frac{P_{\text{dal}}}{P_0} \dots\dots\dots(4-15)$$

Doğal olarak, her zaman transistörlerden elde edilebilen en yüksek yararlı gücün elde edilmesine çaba gösterildiğinden dolayı, transistörün çalışma noktasının seçilmesi önemli bir andır.



Res. 4-19. Bir transistörlü çıkış



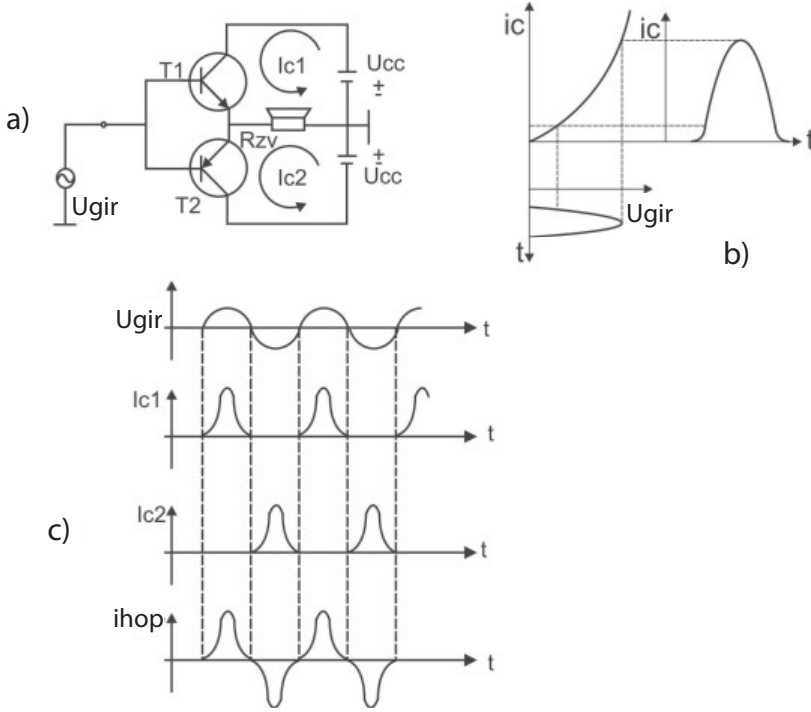
Res. 4-20. Transistörün çalışma aşaması alanı

Bir transistörlü çıkış aşamasının elektrik modeli Res.4-19'da verilmiştir. Hesaplama o şekilde yapılıyor ki tümünün çizgili bölümünde olmasına dikkat edilerek transistörün sabit özelliklerine A-B çalışma doğrusu çiziliyor (Res.4-20). M çalışma noktası çalışma doğrusunun ortasında yerleşiyor. Çalışma noktanın pozisyonu  $U_{CC}$  pillerin değerini ve  $I_c$  ve  $I_b$  tekyönü elektriklerin değerlerini belirliyor. Ondan sonra  $I_b$  elektriğine uyan, gereken öngerilim bulunuyor ve  $R_1$  ve  $R_2$  için hesaplamalar yapılıyor.  $R_2$  rezistörü negatif sıcaklık (NS) katsayılı, sıcaklık açısından değişken rezistördür ve onun yardımıyla çalışma noktasında sıcaklık dengesi sağlanıyor.



## 4.8 TÜMLEŞEN TRANSİSTÖRLÜ ÇIKIŞ AŞAMASI

Çıkış aşamanın en basit türü tümleşik transistörlü çıkış aşamasıdır. Bu çıkış aşaması Res.4-21'de verilmiştir.



Res. 4-21. Tümleşik transistörlü çıkış aşaması:

- a) elektrik şeması; b) transistörlerin doğrusal olmamalarından dolayı biçim bozuklukları; c) Gerilimlerin ve elektriklerin şekilleri

Transistörler, teknikte emiter-follower olarak bilinen bağlantıdır (karşı fazlı bağlantı-push pull). Bu bağlantı ortak toplayıcı kullanıyor, bizim resmimizde ise değişimli elektriğin toplayıcıları tablonun potansiyelindedir, çünkü piller değişimli elektrik ceryanı için kısa bağlardır. O zaman giriş sinyali temele getiriliyor, çıkış sinyali ise yayınlayıcıdan (emitörden) alınıyor. Bu bağlantı için gerilimin kuvvetlendirilmesi yakın bire eşittir, elektriğin kuvvetlendirilmesi, hata gücün de kuvvetlendirilmesi büyüktür, ancak yine de ortak yayınlayıcı bağlantısının verdiği kuvvetlendirmeden çok daha küçüktür.

Giriş sinyalını tanımlayan jeneratör, tek yönlü elektrik akımı için kısa bağlıdır ve onun için her iki temel tek yönlü elektrik için tablonun potansiyalindedir. Hoparlörden tek yönlü elektrik akımı ve bununla yayınlayıcılar tek yönlü elektrik için tablonun potansiyalindedirler. Demek ki, her iki transistörde öngerilim sıfıra eşittir, onların çalışma noktaları B sınıfındadır ve onlardan, giriş sinyal yokluğunda, hiçbir şekilde ceryan akımıyor.

Transistörün çalışma noktaları ( $I_C-U_{CE}$ )'de seçilince, özellikler aynı pozisyondadır. O sırada üst transistör için  $U_{CE1} = U_{CC}$ , alt transistör için ise  $U_{CE2} = -U_{CC}$  olacak.

Kuvvetlendiricinin girişine  $u_{gir}$  getirilince, pozitif yarı peryot süresi içinde  $T_1$  transistörü iletim yapıyor, negatif yarı peryotta ise  $T_2$  transistörü. Böylece onların toplayıcı elektrik akımları (Res.4-21-c)'de verilmiştir. (Res.4-22-a)'dan hoparlörlerden elektrikler ters yönlerde aktığını görebiliriz: biri diyaframı ileriye doğru hareket ettiriyor, diğeri ise geriye hareket ettiriyor. Hoparlörlerden sonuç olarak akan ceryan şu olacak:

$$i_{hop} = i_{C1} - i_{C2} \dots\dots\dots (4-16)$$

İdeal durumda, transistörün özellikleri ideal olduğu durumda, ceryan sinyalleri giriş gerilimin uygun yarı peryotlarda olduğu gibi aynı şekilde olurdu, hoparlörü uyandıran gerilim ise giriş sinyali-gerilimle aynı şekilde olurdu. Özelliklerin doğrusal olmadıklarına göre, küçük uyanma gerilimleri sırasında, transistörden akan elektrik gerilimle doğrusal orantıda değildir (Res.4-21-b) ve transistörden elektrik sinyaller giriş sinyalleri gibi aynı şekilde değildirler. Giriş gerilimin sinüsoid şekli olursa, toplayıcı elektriğin zil karakteristik şekli olacak. Bu yüzden de hoparlörden elektrik ceryanın, (Res.4-21-c)'de görüldüğü gibi biçim bozukluğu vardır. Bu biçim bozukluklarının giderilmesi, transistörün çalışma noktalarını AB arasınıfında yerleştirerek gerçekleşiyor.

## 4.9 (Hİ-Fİ) CİHAZLARDA SES KUVVETLENDİRİCİLERİ

Ses kuvvetlendiricileri işitme kapsamındaki frekanslarda (20Hz-20kHz) olan sinyalleri kuvvetlendiren kuvvetlendiricilerdir. Yüksek kaliteli ses üretme cihazlarında (Hİ-Fİ) kullanılan ses kuvvetlendiricilerde, frekans kapsamı çok daha geniştir ve 15Hz ile 30kHz arasındadır (çok kalite-

li cihazlarda üst sınır 100kHz'e kadar olabilir). Kapsamın genişliği ne kadar büyükse çalma kalitesi de o kadar daha iyidir. İnsan kulağının 1%'den küçük olan harmonik biçim bozukluklarını anlayamadığını tespit edildiğine rağmen, modern Hİ-Fİ cihazlarında 0,1%'den bile daha küçük biçim bozuklukları kolayca elde edilebilir. Faz biçim bozuklukları mini cihazlar için kritik değildir, ancak kaliteli stereo ses üretimi için onların küçük değerde olmaları gerekiyor, iyi ses üretimi için değeri ses sinyalinde sinyal/gürültü oranına yakın olan dinamiğin değeri de daha büyük olmalıdır. Kaliteli cihazlarda bu değer sıkça 70dB'den daha büyüktür. Son zamanlarda ses cihazlarında sıkça tümleşik devreli ses kuvvetlendiricileri kullanılıyor. Tümleşik devreli ses kuvvetlendiricilerin artık tekniğiyle elde edilen kuvvetlendiricilere kıyasen çok daha büyük avantajları vardır, örneğin: devrelerin basit yapıları, az sayıda elemanlar, kompakt olma özelliği ve küçük boyutlar. Tümleşik devreler yakın geçmişe kadar, tümleşik devrelerin dağıtmaya göre sınırlanmış olmalarının sonucu olarak, sadece 0,5W altında olan daha küçük güçlü önkuvvetlendiriciler ve kuvvetlendiricilerde kullanılıyormuş. Günümüzde 20W üzerinde çıkış gücü veren monolit tümleşik ses kuvvetlendiricileri üretiliyor. Böylece, çok küçük biçim bozukluklarıyla ve LM381 tümleşik devreli önkuvvetlendirici küçük gürültü ile belirleniyor. Bu kuvvetlendiricide 3Uef çıkış gerilimi için biçim bozuklukları 0,05%'ten daha küçüktür. O zaman onun çıkış kuvvetlendirilmesi  $A=10$  olacak.

Dünyada büyük sayıda üreticiler güç kuvvetlendirici olarak (tek yongada) tümleşik devreler üretiliyorlar. En çok bilinen tümleşik kuvvetlendirici LM741 kuvvetlendiricisidir. LM741'in alçak fiyatı ve geniş kullanımı var ve ek dış elementler kullanmadan yaklaşık 100mW güç veriyor. Tümleşik ses kuvvetlendiricilerin işletme teknolojisi, sıradan işlem kuvvetlendiricinin yapısından çok farklı değildir. Tümleşik teknikli tipik bir ses kuvvetlendirici, şu parçalardan oluşuyor:

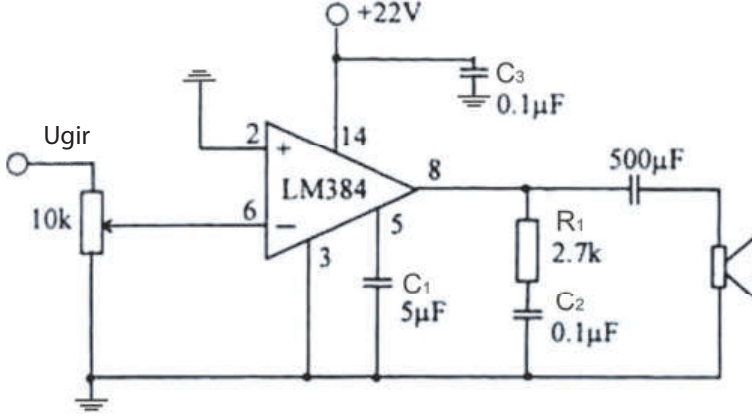
- diferensiyal kuvvetlendirici olarak giriş derecesi;
- seviye düzenleyicisi;
- ısıtma olunca kuvvetlendiricinin kapanması için kullanılan devre, ve
- kısa bağdan korumalı olan çıkış derecesi.

Tümleşik teknikte çıkış derecenin yapısı, ayrık tekniğine kıyasen farklıdır. Tümleşik teknikte çıkış kuvvetlendiricisi, tümleşik devrede uygulan-

ması zor olan güçlü transistör yerine düşük güçlü ve diyodlarla transistörler kullanılıyor.

#### 4.9.1 Ses Kuvvetlendiricilerinin Pratik Kullanımı

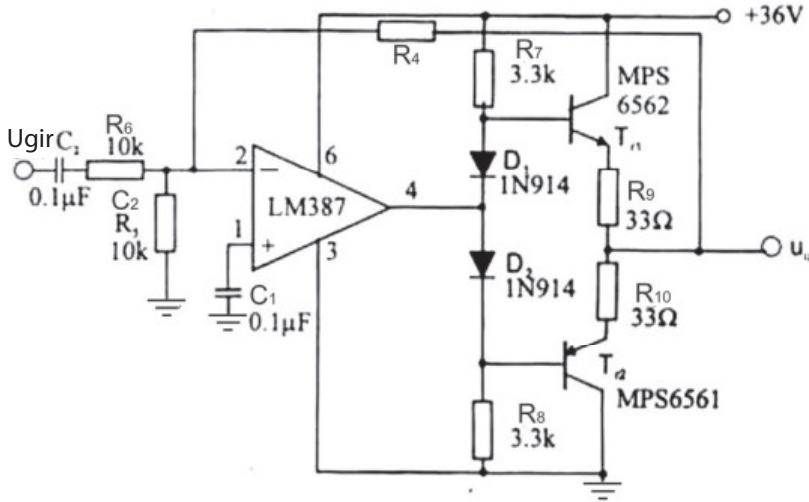
Ses kuvvetlendiricilerinin çok sayıda uygulamaları vardır. Res.4-22'de 5W çıkış gücü olan kuvvetlendiricinin elektrik modeli verilmiştir.



Res. 4-22. LM384 tümleşik devreli ses kuvvetlendiricinin elektrik modeli

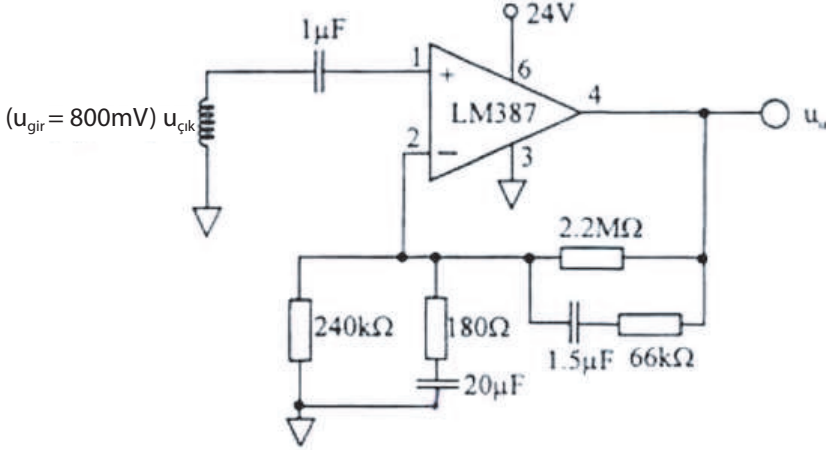
Bu devrede LM384 tümleşik kuvvetlendiricisi kullanılıyor. Kuvvetlendirici 300kHz'e kadar tüm frekanslar için 34dB kuvvetlendirme veriyor. Kuvvetlendirme 10kΩ'luk potansiyometre yardımıyla ayarlanıyor. Çıkışta 500µF'luk kapasitör aracılığıyla 8Ω'luk dirençli hoparlör bağlanmıştır. 5W en yüksek çıkış gücü ve 1kHz frekans sırasında sinyalin biçim bozukluğu 1%'den daha küçüktür. Devrede titreşmeleri dışlamak için, giriş kablonun kaplanması gerekiyor. Ayrıca, çıkış bağlantıdan tabloya  $C_2$  kapasitörü ve  $R_1$  rezistörü bağlıdır.  $C_3$  kapasitörle elektrik kaynağın geriliminin (+22V) endüktif bileşenlerin etkisi azalıyor.  $C_1$  kapasitörü alçak geçerli filtre olarak kullanılıyor.

Res.4-23'te tümleşik kuvvetlendiriciler ve ayırık transistörler kombinasyonu verilmiştir. Bu devrede düşük güçlü LM387A alçak gürültülü tümleşik kuvvetlendirici kullanılıyor. Bu kuvvetlendirici küçük giriş gürültülü sinyalin büyük ölçüde kuvvetlendirilmesini sağlıyor.



Res. 4-23. LM387 tmleŖik devreli ses kuvvetlendiricinin elektrik modeli

Tipik gürültü  $0,65\mu V$ 'tur. Jeneratörün giriŖ direnci  $R_S=600\Omega$  olunca, 10Hz ile 20kHz arası frekans kapsamında, bu önkuvvetlendiricinin ıkıŖında  $k\Omega$  sırasından kk yüklük sinyal elde ediliyor. Bu elektrik devrenin, yk  $10\Omega$  olduğu zaman kullanılabilmesi için, Res.4-23'te gibi model kullanılıyor. LM387A tmleŖik kuvvetlendiriciden sinyal  $T_{r1}$  ve  $T_{r2}$  tamamlayıcı transistörler çiftine gönderiliyor. Burada  $D_1$  ve  $D_2$  diyotlardan dolayı, tamamlayıcı transistörler AB sınıfında kuvvetlendiriciler olarak alıŖıyor, ve böylece biçim bozuklukları azalıyor.  $R_9$  ve  $R_{10}$  rezistrleri tüketicisi üzerinde akan ıkıŖ elektriği sınırlandırılıyor. Kuvvetlendirici için daha iyi özellikler elde etmek için,  $R_4$  ve  $R_6$  rezistrlerle negatif geri bağ kullanılıyor. Manyetik banttann sinyaln kuvvetlendirilmesi için aynı LM387A tmleŖik devresi kullanılıyor. Böyle kuvvetlendiricinin elektrik modeli Res.4-24'te verilmiŖtir.



Res.4-24. Manyetik teypçalar başına girişle LM387A tümleşik devreli ses kuvvetlendiricinin elektrik modeli

Manyetik teypçalar bağımlı olan bağlantı kapasitiftir, böylece bu kapasitörün seçimiyle devrede olası büyük gürültünün azalması gerekiyor.

### 4 ÖZET

- ❖ Ses kuvvetlendiricileri 16Hz ile 20kHz arası frekanslı olan elektrik sinyallerinin kuvvetlendirilmesini yardım eden elektronik kuvvetlendiricilerdir.
- ❖ Ses kuvvetlendiricileri şöyle ayırıyoruz: alçak gerilimlerin ses kuvvetlendiricileri ve güçlerin ses kuvvetlendiricileri;
- ❖ Önkuvvetlendirici ses kuvvetlendiricinin birinci kuvvetlendirici derecesidir (aşamasıdır);
- ❖ Çalınan sesteki belirli bölümlerin bastırılması ya da öne çıkarılması, ses renginin ayarlama devresi yardımıyla gerçekleşiyor;
- ❖ Grafik dengeleyici farklı frekanslar için aynı zamanda sesin kontrolünü yapıyor. Tüm ses frekans kapsamı birçok bölüme – oktava ayrılıyor;
- ❖ Güç kuvvetlendiricisi aynı zamanda tüketiciye gereken gücü veren çıkış aşamasıdadır. Güçlü kuvvetlendiricisi, elektrik gücünü akustik güce dönüştüğü hoparlöre bağlanıyor.

### SORULAR VE ÖDEVLER

1. Ses renginin iki potansiyometre ile ayarlanması sırasında geçirme eğri çizgisini çiz ve incele!
2. Yüksek frekanslı ses renginin ayarlanması için kullanılan devrenin çıkış gerilimini belirle, eğer giriş gerilimi  $u_{gir}=0,8V$  ise ve  $C_3=300nF$ ,  $C_4 = 10nF$  ve  $R_4 =60k\Omega$  ise!
3. Yayın alıcılarında çıkış aşaması, çalışma noktaları ayrı ayrı seçilen tamamlayıcı transistörler ile gerçekleşiyor. Çalışma noktası hangi sınıfta seçiliyor ve neden?
4. Alıcının AF-bölümünün önemli özellikleri hangileridir ve bu bölümün nasıl işlevi vardır?
5. Çıkış aşamasında tamamlayıcı transistörlü hoparlörden akan elektrik neye bağlıdır?
6.  $T_1$  kuvvetlendirilmesi  $T_2$  kuvvetlendirilmesinden daha büyükse, (Res.4-22-a), hoparlörlerden akan elektriklerin amplitüdüleri eşit olacak mı?

**Verilen cümlelerin doğru olmaları için boş yerleri tamamla!**

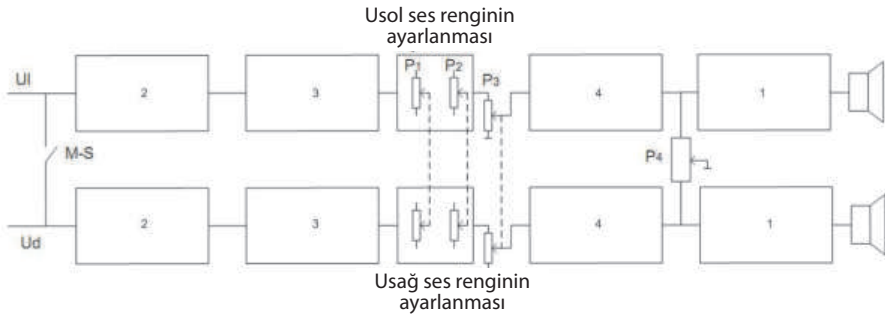
- Ses kuvvetlendiricileri \_\_\_\_\_'ten \_\_\_\_\_'e kadar frekanslı sinyallerin kuvvetlendirilmesini gerçekleştiren kurgulardır.
- Elektrik ceryanın kuvvetlendirilmesini hesaplamak için formülü yaz!  
\_\_\_\_\_.
- Çıkış gerilim ve çıkış elektrik ceryan arasındaki bölüm \_\_\_\_\_'dir.
- Bir kuvvetlendiricide çıkış gerilimin giriş gerilimle aynı şekli olmadığı zaman \_\_\_\_\_ sözkonusu oluyor.
- \_\_\_\_\_ AF-kuvvetlendiricide birinci derecedir ve onda mikrofondan manyetik teypçalar başına kadar sinyal götürülüyor.

**Doiru cevabı çevrele!**

- $\eta = P_{\text{çık}}/P_0$  ilişkisi neyi tanımlıyor?
  - o en yüksek çıkış gücünü tanımlıyor
  - o yararlı etki katsayısını
  - o biçim bozukluğunu
- ses kuvvetlendiricinin geçirme kapsamı, kuvvetlendirmenin ne kadar daha küçük değer için frekans kapsamı olarak tanımlıyor:
  - o 60%
  - o 80%
  - o 70%
- Audiosistemde bir girişten fazla giriş kullandığı zaman, bu sinyallerin karışması gerekiyor. Bu karışmayı hangi cihaz gerçekleştiriyor?
  - o karıştırıcı
  - o dengeleyici
  - o zayıflatıcı
- Tüketicieye gereken gücü veren kuvvetlendirici aşağıdakilerden hangisidir?



- o giriş derecesi (aşaması)
  - o dengeleyici
  - o çıkış derecesi (aşaması)
- Her terimin yanında aşağıdaki resimden uygun sayıyı yaz.



- Çıkış derecesi ( )
- Gerilim kuvvetlendiricisi ( )
- Sürücü kuvvetlendiricisi ( )
- Ön-kuvvetlendiricisi ( )

## 5. RADYO YAYIN ÇİLETİM CİHAZLARI

Çağdaş dünyada bilgilerin kesintisiz ve hızlı iletilmesi büyük önem taşıyor. Bilgi iletimi farklı şekillerde gerçekleşiyor. En hızlı iletim şekli, ışık hızıyla yayılan elektromanyetik dalgalarla gerçekleşen radyo iletimidir. Radyo sözcüğü Latince radiatio sözcüğünden geliyor ve *tüm yönlere yayılan, anlamına geliyor*. Bu söz görsel şekilde antenin ışınmasını açıklıyor – elektromanyetik dalgaların eşit olarak tüm yönlerde aynı şekilde ışınması.

Elektromanyetik dalgaların varlığını ilk olarak 1864 yılında Cems Maxwell öngörmüş. Onun tahminlerini ve teorisini deneyler dizisi yoluyla Haynrih Herz 1888 yılında ispatlamış. Bu deneylerde *verici* (yayan yada ışınan cihaz) ve *alıcı* (dalgaları alan cihaz) arasında kurulan bağın sadece on metre uzaklıkta kurulduğuna rağmen, deneylerle bu alanda ilerdeki gelişmeler için yol açılmış.

Daha büyük mesafede ilk pratik telsiz iletişimi dahi bilim adamı Nikola Tesla 1883 yılında gerçekleştirmiştir. Ondokuzuncu yüzyılın sonlarına doğru (1899 yılında) Tesla bin kilometre uzaklıkta sinyaller gönderebilecek durumdaymış.

Yirminci yüzyılın birinci onyılında, çok sayıda bilim adamı radyosinyallerin iletim sistemi için yeni pratik çözümler arayışlarda çaba gösteriyormüş. Hızlandırılmış gelişime 1906 yılında vakum triyodun buluşuyla bilim adamı Li De Forest katkıda bulunmuş. O andan itibaren elektronik ve telekomünikasyon tekniğinde büyük gelişimler başlamış. Bu yüzyılın ikinci onyılında sinyallerin gönderilmesi ve alınması sorunu teknik açıdan kesin olarak çözülmüş. Bununla *büyük alanların kapsanması ve bilgilerin milyonlarca dinleyiciden oluşan oditoryuma ulaşmasını sağlayan alıcılar ağının plan-*

*la yapılması ve dağıtılması anlamına* gelen yayıncılığın gelişimi için yol açılmış. Yirminci yüzyılın beşinci onyılından başlayarak, özellikle altıncı onyılında, transistörlerin elektronik boruların yerini alarak, radyoalcıların yapısında ve tasarımında büyük değişiklikler getirmiş. Yedinci onyılın başlangıcı tümleşik tekniğin ve mikroişlemci devrelerin gelişimiyle karakterize oluyor. Bu yeni teknikler, radyo yayın cihazlarında ve sistemlerinde de uygun kullanımını bulmuş.

Radyo yayıncılığın başlangıçlarında, radyo iletimden bir kanalından bir program yayınlanıyormuş. Böylece yarı yüzyıldan fazla, uzun dalgalar (UD) alanında, orta dalgalar (OD) alanında ve kısa dalgalar (KD) alanında monofonik programların iletimi gerçekleşiyor. Ultra kısa dalgalar (UKD) alanında aynı iletim kanalından, bir program yerine birkaç farklı program yayınlanıyor.

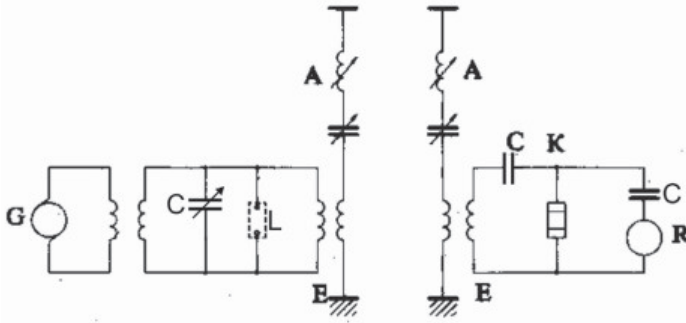
Radyo yayın iletim siteminde fazla farklı sinyallerin (programların) yayınlanma fikri pratik olarak birkaç onyıl önce, stereofonik sisteminin tanıtıldığı zaman gerçekleşmiş. Bu programın genişlemesi, sinyalin gönderildiği yerden modülatör (ayarlayıcı) yanısıra kodlayıcının kullanımını, sinyal alımın yerinde ise demodülatör ve kod çözücünün kullanımını gerektiriyor. Kodlayıcı-kod çözücü sistemini uygulanmasıyla iki yada fazla sinyalin, radyovericinin taşıyıcı frekansının modülasyonunu gerçekleştiren bir sinyalin elde edilmesi sağlanmış. Böylece, sadece bir çoklu bilgi sözkonusu olduğundan dolayı bu bilgi radyoiletime bir kanaldan aktarılıyor.

Stereofonik programlarla deneyler yaklaşık 1950 yılında başlamış, 1961 yılından ise Avrupada UKD-alanından stereoiletim radyo yayıncılığı başlamış. Stereoiletimin UKD-alanında başlatıldığı zaman, piyasada atrık gelişmiş monofonik sistemi varmış. Bundan dolayı, yeni stereofonik sistemi uyumluluk koşulunu yerine getirmeliymiş. Radyo yayıncılıkta uyumluluk arayışlarını yerine getirmek için sinyal verilen yerde kodlayıcı, alınan yerde ise kod çözücüsü olarak kullanılıyormuş.

## 5.1. RADYO İLETİM PRENSİBİ

1893 yılında, New York'ta Frenklin ensitüsünde Nikola Tesla birkaç kilometre uzaklıkta telsiz iletişimi göstererek tanıtmış, ilerleyen yıllarda ise 200kW'lık terminal kullanarak 1.000km uzaklıkta bağlantı kurmuştur. Tesla'nın 1893 yılından telsiz iletimin elektrik modeli Res.5.1'de gösterilmiştir.

Tesla'nın fikri, salınımlı devrelerin yardımıyla elektromanyetik dalgaların oluşması ve onların anten aracılığıyla yayılması, sinayalin alındığı yerde ise anten ve salınımlı devreler yardımıyla sinyalin alınmasından oluşuyormuş. O sırada bu devreler vericinin salınımlı devreleriyle rezonansta olurlar. Bu fikir günümüzdeki radyo iletim için temeli tanımlıyor.



Res. 5-1. Tesla'nın vericisi ve alıcısının elektrik modeli

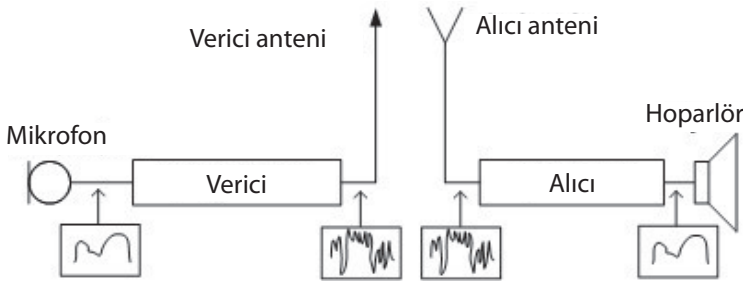
**Radyoalıcı farklı radyo vericilerden yayılan sinyalleri alan (kabul eden) ve elektromanyetik dalgaları elektrik sinyallere dönüştüren cihazdır. Radyo vericisi ve radyo alıcısı radyo iletim sisteminde bir kanal tanımlıyorlar.**

Her radyo iletiminde birinci adım mesajı elektrik sinyale dönüştürmektir. Bu arada, konuşmanın ve müziğin iletimi mikrofonların yardımıyla gerçekleşiyor. Mikrofon çıkışındaki AF-gerilim, iletilen sesin elektrik "resimini" tanımlıyor. Ondan sonra sinyal vericiye gönderiliyor. AF-sinyali modüle ediliyor ve verici anteninde oluşan YF- gerilimi, mikrofondan AF-sinyali gibi değişiyor. Yayma antenindeki YF-elektriği, anten etrafında YF-alanı oluşturuyor. YF-alanı elektromanyetik dalgalar şeklinde verici etrafında yayılıyor. *Radyo iletimin blok-modeli Res.5-2'de verilmiştir.*

Işık hızıyla yayılarak, elektromanyetik alan sinyalin alındığı yere geliyor ve elektromanyetik alanın etkisi altında alıcı anteninde gerilim oluşuyor.

Bu gerilim, vericinin çıkışındaki gerilimle aynıdır, sadece daha küçük amplitüdü var. Alıcıda kuvvetlendirme ve demodülasyon gerçekleşiyor, hoparlörde ise verici tarafında olduğu gibi aynı ses olarak dönüşüyor.

Res.5-2'deki blok-modeller her *radioiletim* türü tanımlanabilir. Modülasyon olarak **amplitüd** (AM) ya da **frekans modülasyonu** (FM) uygulanabilir. Farklı bilgiler iletebilir. Tüm bilgiler önce uygun dönüştürücüyle elektrik sinyallere dönüştürülüyor. Telgrafçılıkta dönüştürücü tuştur, telefoniculukta – mikrofon, televizyonda – katot borusu vb.



Res. 5-2. Radyoiletimin blok-modeli

Vericide AF-sinyalını YF-sinayline dönüştüren modülasyon türüne bağlı olarak, radyo yayın iletiminde (büyük sayıda dinleyici için yayılan program) iki tür verici kullanılıyor. Onlar AM ve FM-vericileridir. Radyo yayın iletimi günümüzde genişçe yayılmış terimdir, ancak radyoiletim terimiyle karıştırılmamalıdır. **Radyo iletimi herhangi bilginin iletimini tanımlıyor, radyo yayın iletimi ise sadece radyo istasyonlardan radyo programların iletimini kapsıyor.**

### 5.2. RADYO VERİCİ

*Radyo vericilerin yapıları farklı olabilir – hem elektrik hem mekanik açıdan.* Bu farklılık vericilerin farklı amaçla ve farklı dalga alanları ve güçler için yapıldıklarından geliyor. Güce ilişkin vericiler sadece boyut bakımından büyüyorlar, bununla ise dengeleme, sigortalama ve soğutma sistemi karmaşıklaşır. Vericilerin güçleri birkaç kW'tan birkaç yüz kW'a kadar deği-

şebilir. Küçük güçler için vericiler genelde taşınabilir yada gemilerde, uçaklarda takılıyorlar. 15kW üzerinde vericiler, sabit olarak bir yere bağlıdırlar.

*Dalga alanı* bakış noktasından, **uzun dalgalar** (UD), **orta dalgalar** (OD), **kısa dalgalar** (KD) ve **ultra kısa dalgalar** (UKD) vericileri fark ediyor.

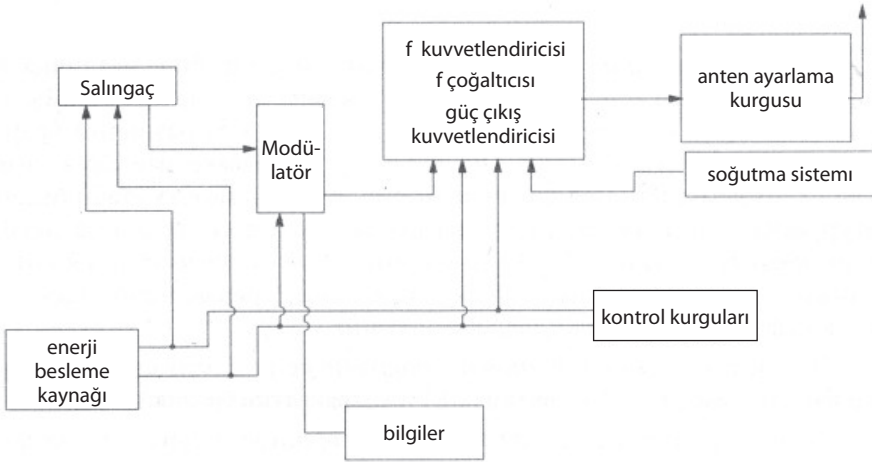
AM yardımıyla radyo yayıncılığı uzun dalgalar ve kısa frekanslar (150-300kHz), orta frekanslar (500-1.600kHz) alanında ve kısa dalgalar alanından belirli bölümlerde gerçekleşiyor.

FM yardımıyla radyo yayıncılığı, ultra kısa dalgalar ve yüksek frekanslar (88-108kHz) bölümünde gerçekleşiyor. 150kHz altında uzun dalgalarda, gemilerde navigasyon için kullanılan profesyonel istasyonlar çalışıyor. Kısa dalgalarda profesyonel bağlantılar – askeri,posta, havacılık ve amater bağlantılar gerçekleşiyor. VHF – alanında TV- kanallar ve profesyonel bağlantılar (havacılık) yerleşmiştir, UHF’te ise TV 2 programı, radarlar, uydu üzerine bağlantılar yerleşmiştir. Dalga alanlar ve frekansların diyagramı Tablo 5-1’de verilmiştir.

Tablo 5-1. Dalga ve frekans alanlar diyagramı

<b>Dalga alanları</b>	<b>Dalga Uzunluğu <math>\lambda</math></b>	<b>Frekans <math>f</math></b>	<b>Frekans alanları</b>
çok uzun dalgalar	10km üzerinde	30kHz altında	VLF
uzun dalgalar -UD	10km -1km	30-300kHz	LF
orta dalgalar - OD	1.000m -100m	300-3.000kHz	MF
Kısa dalgalar – KD	100m -10m	3 - 30MHz	HF
ultrakısa dalgalar – UKD	10m -1mm	30-300.000MHz	
metreli -	110 -1m	30-300MHz	VHF
desimetreli -	1m - 10cm	300MHz - 3GHz	UHF
santimetreli -	10 -1cm	3-30GHz	SHF
milimetreli -	10 -1mm	30-300GHz	EHF

Radyovericilerde ana ve yan kurguların sayısı ve yapıları vericinin amacından ve çalışma koşullarına bağlıdır. Genel durumda daha büyük bir radyo vericinin blok-modeli Res.5-3’te verilmiştir.



Res. 5-3. Radyo vericinin eşlik eden elemanlarla beraber blok-modeli

Vericinin gücüne bağlı olarak farklı soğutma devreleri ve sistemleri kullanılıyor.

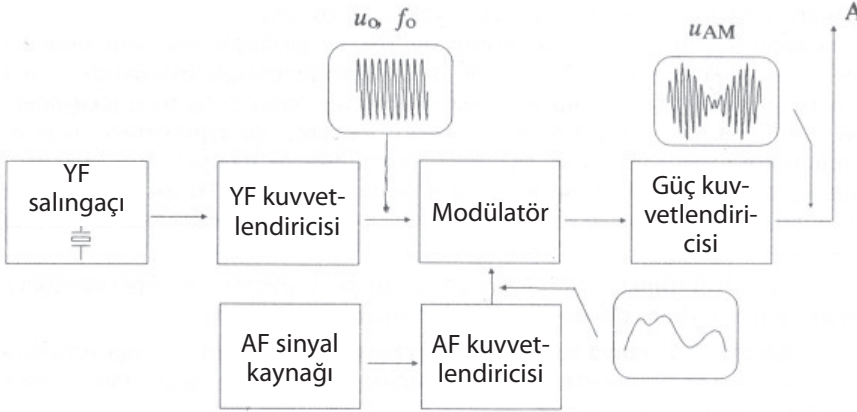
Birinci radyo istasyonlar uzun ve orta dalgalarda çalışıyormuş ve daha uzun mesafelerde iletim gerçekleştirmek için yüksek güçleri olan vericiler gerekiyormuş. Başlangıçta, kısa dalgaların radyo iletimi için kullanışsız oldukları düşüncesi varmış ve kısa dalgalarla ticari istasyonların uzun ve orta dalgalardan bastırılan radyo amatörler çalışmaklarına başlamış. Ancak beklenmeyen bir şey meydana gelmiş. Alçak güçlü vericilerle, amatörler bin kilometre uzaklıkta bile bağlantı kurmuşlar. Bu başarı daha geç yonosferin etkisiyle açıklanmıştır. Günümüzde radyo amatörlerin radyo tekniğinin gelişmesinde özel rolleri vardır.

### 5.2.1. AM-sinyaller Vericileri

Konuşmanın ve müziğin alçak frekanslı sinyalleri yayınlanmadan önce, verici aracılığıyla modüle ediliyor. AM-vericisi amplitüd modülasyonu kullanarak çalışıyor. **Amplitüd modülasyonu** (AM) *AF-sinyalin yada modülasyon sinyalinin ( $u$ ), YF-sinyaline yada taşıyıcıya ( $u_0$ ) bastırılmak tanımı*yor. Bu sırada amplitüd üzerinde **modüle edilmiş** sinyal elde ediliyor ve buna göre taşıyıcının amplitüdü AF-sinyalin değişmesiyle değişecek. Elde

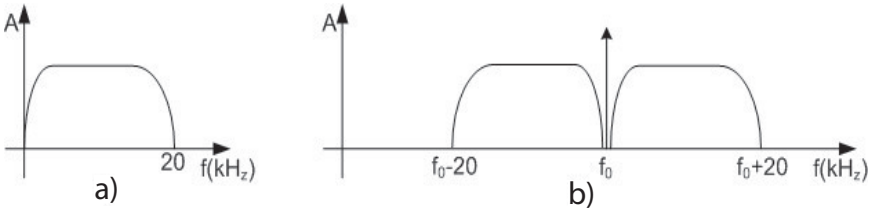
edilen modülle edilmiş sinyale amplitüd-modüle edilmiş sinyal ( $u_{AM}$ ) denir ve uzak mesafede iletim için uygundur.

*Amplitüd-modüle edilmiş sinyallerin vericisinin (AM-vericisinin) blok-modeli* Res.5-4'te tanıtmıştır. Amplitüd modülasyonu modülatörde gerçekleşiyor. Orada iki sinyal geliyor: YF-taşıyıcı (YF-salınacında oluşan ve YF-kuvvetlendiricide gereken seviyeye kuvvetlendiren) ve AF-kuvvetlendirici yardımıyla kuvvetlendirilen, mikrofondan (yada başka bir kaynaktan) AF-sinyali.



Res.5-4. AM-vericinin blok-modeli

Modülatörün çıkışında amplitüd-modüle edilmiş sinyal  $u_{AM}$  elde ediliyor. Bu sinyal güç kuvvetlendiricide kuvvetlendirildikten sonra verici antenine yönleniyor.



Res. 5-5. Frekans kapsam diyagramları: a) modüle edilmiş sinyalin; b) AM-modüle edilmiş sinyalin

Radyo yayıncılığında iletilen AF-modülasyon sinyalin frekans aralığı akustik kapsamı, yani 20kHz'e kadar kapsam çerçevesindedir. Amplitüd modülasyonun gerçekleştirilmesinden sonra, modüle edilmiş sinyalin mo-



düasyon kapsamı aralığından iki misli daha büyük genişliği olan frekans kapsamı var. Res.5-5'te AF-modülasyon sinyalin ve modüle edilmiş sinyalin frekans kapsamları tanımlanmıştır.

$f_0$  frekansı, her iletim sistemi için sabit olan taşıyıcının frekansıdır.

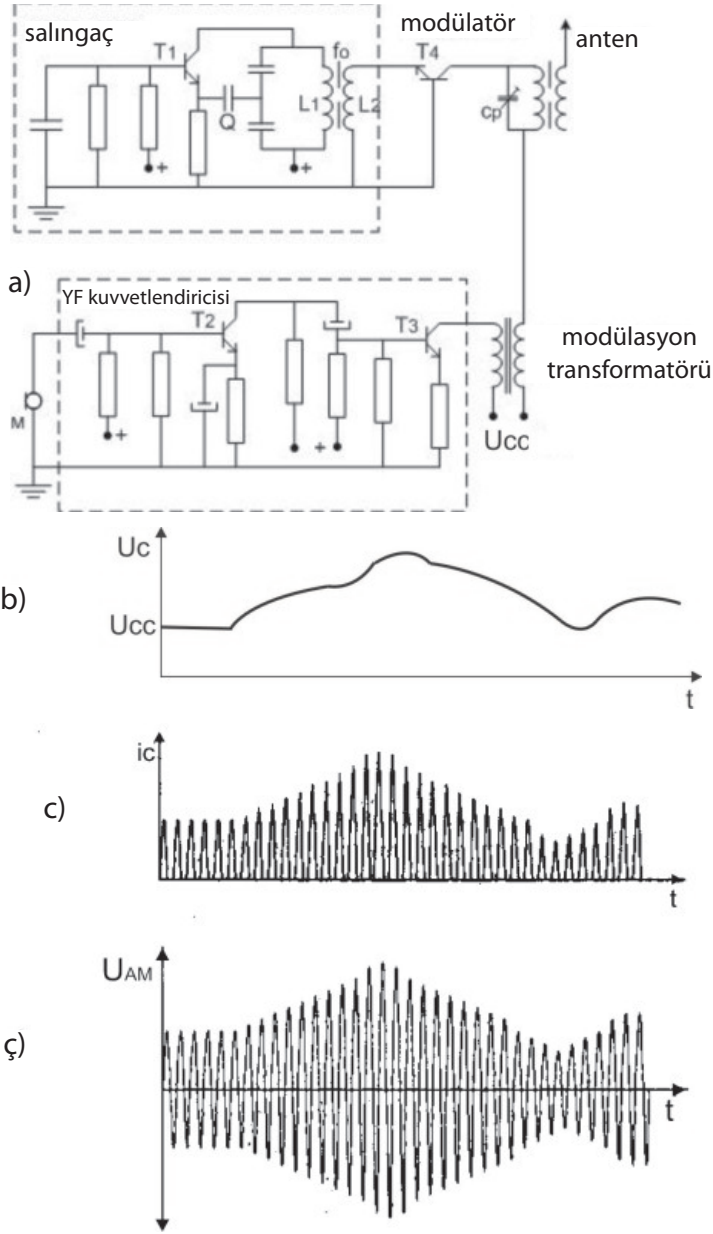
AM-modülasyonu ile gerçekleştirilen yayın iletiminde, bir radyo istasyonun kanal genişliği 9kHz'e standartlaşma yapılmıştır. Buna göre, 40kHz kapsam genişliğinde sinyal iletilmiyor, sadece 9kHz genişliğinde sinyal iletiliyor. Bu standardizasyon pratik nedenlerden yapılmıştır, ancak tabii ki iletilen sinyalin kalitesine etkiliyor. Şöyle ki, frekansı 4,5kHz'ten daha yüksek olan tüm sinyaller alçak frekansların (4,5kHz'e kadar) filtreleri-geçiricileri ile bastırılıyor. Konuşmanın iletimi yapıldığı zaman, 4,5kHz'in üzerine olan bileşenlerin filtreleşmesi iletim kalitesine etkilemeyecek. Ancak, müzik sinyalin iletimi sırasında, 4,5kHz'in üzerine olan bileşenler ses rengine etkileyecek ve onların elenmesiyle iletilen sinyalin kalitesi azalacak.

Bu sorunların elenmesi için ultrakısa dalgalar alanında frekans modülasyonu (FM) uygulanıyor.

Basit bir AM-vericinin elektrik modeli (Res.5-6-a)'da gösterilmiştir,  $u_C$ ,  $i_C$  ve  $u_{AM}$  sinyallerin zamanlama şekilleri ise (Res.5-6-b,c ve ç)'de aynı sırayla tanımlanmıştır.

$T_1$  transistörü,  $f_0$  frekanslı taşıyıcının üretilmesi gerçekleştiği Kolpits YF-salınacağına aktif elemandır. Vericide taşıyıcının frekansı sabit olmalıdır ve dış çalışma koşullarından (sıcaklık, basınç) ve sistemin beslendiği gerilimin olası küçük değişikliklerden ve benzerlerden bağımsız olması gerekiyor. Taşıyıcının frekans sabitliği koşulu yerine getirilmemişse, dinleyicilerin her taşıyıcı frekansın değişikliği sırasında, istasyonun yeniden ayarlama yapmaları gerekecek.

Taşıyıcı frekansın stabilizasyonu (sabitleşmesi) rezonans frekansı  $f_0$  olan kuvars salınacağına (Q) eklenmesiyle gerçekleşmiştir.  $f_0$  frekanslı taşıyıcı endüktif yoluyla,  $L_1$  ve  $L_2$  sarımlarından oluşmuş olan yüksek frekanslı transformatör aracılığıyla  $T_4$  transistörünün yayıcısına getiriliyor. Bu transistör modülatörde aktif elemandır. Modülasyon bu transistörün toplayıcısına uygulanmasıyla gerçekleştiriliyor (bu yüzden bu modülasyona toplayıcı modülasyonu denir).



Res. 5-6. Amplitüd modülasyonlu verici – AM vericisi;

a) elektrik modeli; b) toplayıcı gerilim;

c) toplayıcı elektrik ceryanı; ç) amplitüd-modülasyonlu gerilim

Resimden görüldüğü gibi, bu transistörün toplayıcı gerilimi, besleme için gereken tek yönlü gerilimin  $u_c$  ve modülasyon transformatörün modü-

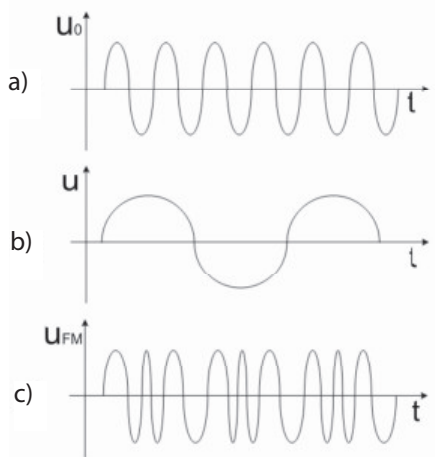
lasyonlu AF-gerilimin toplamına eşittir. Buna göre, toplayıcı gerilimi  $u_c$  modülasyon geriliminin değiştiği şekilde değişecek (Res.5-6-b). Bundan dolayı  $i_c$  toplayıcı elektrik ceryanının (Res.5-6-c)'de gösterilmiş olduğu şekli olacak.

$i_c$  sinyalin kaplaması, aynı şekilde, modülasyonlu sinyalin değişimlerine uygun şekilde değişecek. Bu elektrik toplayıcının paralel salıngaç devresinde amplitüd-modülasyonlu sinyal olarak adlandırılan gerilim oluşturuyor (Res.5-6-ç). Bu AM-sinyalı endüktif yoluyla verici antenine doğru yönlendiriliyor.

### 5.2.1 FM-Sinyal Vericileri

Modülasyonun iletilen sinyalin ritmiyle taşıyıcının frekansı değişmesi ile gerçekleşen sürece **frekans modülasyonu** (FM) denir. Res.5-7'de  $u_0$  taşıyıcının  $f_0$  frekanslı sinyalleri, iletilen alçakfrekans sinyalin sinyali (modülasyon sinyali  $u$  ve frekanslı-modülasyon sinyali  $u_{FM}$ ) gösterilmiştir. Frekans modülasyonunda önemli veri taşıyıcı frekansından en büyük sapıtmadır. Bu sapıtmaya ( $\Delta f_{max}$ ) frekansın maksimum deviasyonu denir. FM-sinyal kapsamının genişliği şu değere eşittir:

$$B = 2 \cdot \Delta f_{max} \dots\dots\dots(5-1)$$

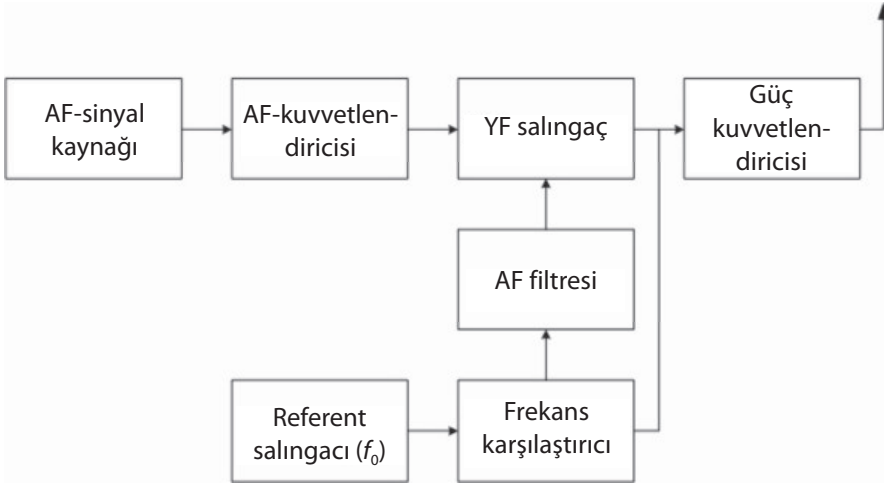


Res. 5-7. Frekanslı modülasyon sırasında sinyallerin şekli a) taşıyıcı; b) modülasyon sinyali; v) modüle edilmiş sinyal

Radyo yayıncılığında, bu kapsamın genişliği 150kHz değerindedir çünkü  $\Delta f_{max} = 75\text{KHz}$ 'tir.

FM-vericiye blok-modeli Res.5-8'de verilmiştir.

AF-sinyal kaynağından (mikrofon yada benzer) elde edilen modülasyon sinyali AF-kuvvetlendiriciyle kuvvetlendiriliyor, ondan sonra ise  $f_0$  frekanslı taşıyıcının üretildiği yüksek frekans salıngacına yönlendiriliyor. AF-kuvvetlendiriciden sinyal yokluğunda, yüksek frekans salıngacında frekansın değeri  $f_0$  olacak. YF-salıngacın salıngaç devresinde iki varikap-diyodu bulunuyor.



Res. 5-8. FM-vericinin blok-modeli

AF-sinyalin etkisi altında diyotların kapasiteleri değişiyor, onunla YF-salıngacın salıngaç devresindeki rezonans frekansı da değişiyor ve bu şekilde frekans modülasyonu gerçekleşiyor. YF-salıngacın çıkışından FM-sinyali, FM-vericisinde gereken çıkış gücünü sağlayan güç kuvvetlendiricisine gönderiliyor. FM-vericisinde, taşıyıcı frekansın kuvars kristaliyle sabitleşme şekli (AM-vericilerinde olduğu gibi) uygun değil çünkü bu durumda modülasyon sinyali etkisi altında frekansta büyük değişiklikler gerçekleştirmek zor olur. FM-vericilerinde  $f_0$  frekansı, yani YF-salıngacının girişinde modülasyon sinyali olmayınca çıkıştaki sinyalin frekansı stabilize ediliyor (sabitleşiyor). Bu işlem yardımcı salıngaç yada

referant salıngaç adıyla bilinen salıngaç yardımıyla yapılıyor. Bu yardımcı salıngaçta  $f_0$  frekansına eşit, çok sabit frekanslı sinyal üretiliyor. Bu salıngaçtan sinyal ve YF salıngacından gerilim frekans karşılaştırıcıya gönderiliyor. Karşılaştırıcıda bu iki sinyalin frekansların karşılaştırılması yapılıyor. YF-salıngacın girişinde modülasyon sinyali yoksa, o zaman onun frekansı sabittir ve referant salıngaçtan sinyalin frekansıyla aynı değeri olacaktır. Böyle durumda, iki frekans eşitse, frekans karşılaştırıcının çıkışında gerilim olmayacak. Herhangi bir nedenden YF-salıngacın frekansı değişirse (örneğin, sıcaklığın artması) ve  $f_0$ 'dan farklı değer alırsa, o zaman karşılaştırıcının çıkışında tekyönlü gerilim  $V_k$  elde ediliyor. Bu gerilim önceden andığımız varikap diyotlara yönlendiriliyor, onların kapasiteleri değişecek ve bu şekilde salıngacın frekansı da  $f_0$  başlangıç değerine dönecek.

Frekans karşılaştırıcı ile YF-salıngaçı arasında filtre-alçak frekanslar geçiricisi bulunuyor. Bu filtrenin tek yönlü gerilimin'ın geçirmesi gerekiyor, frekans karşılaştırıcıda meydana gelebilen tüm diğer olası bileşenlerin geçmesini ise engellemelidir.

FM-sinyalin aralığı teoretik olarak sonsuz olabilir, ancak yayın iletiminde (monofonik iletimi için) 150kHz ve (stereofonik iletim için) 250kHz genişlikleri kabul edilmiştir. Her iki durumda, modülasyon sinyalin en yüksek frekansı iletilen sesin yüksek kalitede olmasını sağlayan 15kHz'tir.

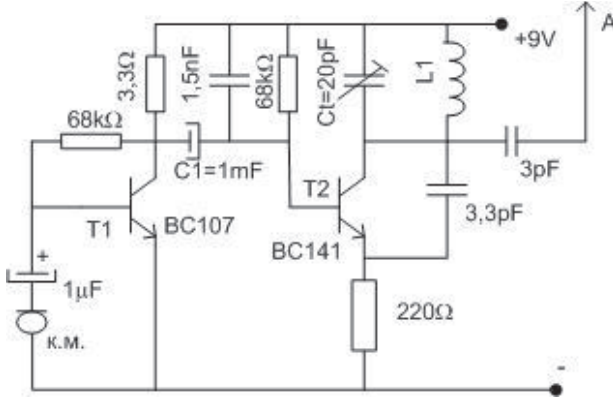
Radyo yayını, frekanslı modülasyonun yardımıyla *ultrakısa dalgalar* alanında, 88MHz'ten 108MHz'e kadar **frekans kapsamında** gerçekleşiyor.

Res.5-9'da basit bir FM-vericinin elektrik modeli tanıtılmıştır.

$T_2$  transistörü YF-salıngacında aktif elemandır. Salıngaçın frekansı değişken kapasitör  $C_t$  ile ayarlanıyor. Salıngacın frekansı aşağıdaki ilişkiyle belirleniyor:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 \cdot (C_t + C_{CB})}} , \dots\dots\dots (5-2)$$

verilen ifadede  $C_{CB}$  toplayıcı ve  $T_2$  transistörün temeli arasındaki kapasitedir.



Res. 5-9. Basit FM-vericinin elektrik modeli

AF sinyali AF-kuvvetlendiricide ( $T_1$  transistör ile) kuvvetleştiriliyor ve  $C_1$  bağlantı kapasitör aracılığıyla  $T_2$  transistörün temeline götürülüyor. Bu gerilimin etkisi altında,  $T_2$  transistöründen AF-elektrik akıyor. Elektrodlar arası kapasitelerin büyüklüğü transistörden akan elektriğin büyüklüğüne bağlıdır. Bunu göz önüne alırsak, o zaman  $C_{CB}$ 'nin AF-sinyalin değişimlerine uygun şekilde değişeceği, yani modülasyon sinyalinin ritmiyle değişeceği anlaşılıyor. Buna ve (5-2) ilişkisine uygun olarak, aynı orantıda YF-salınacağın frekansı da değişecek. Demek ki,  $T_2$  toplayıcısında FM-sinyal elde edilecek.

### EK 3

Tümleşik devreli FM verici .

## 5 ÖZET

- ❖ Radyo sözcüğü Latince (radiation) sözcüğünden geliyor, tüm yönlerde ışınlama anlamına geliyor;
- ❖ Radyoalıcı farklı radyovericilerden yayılan sinyalleri alan ve elektromanyetik dalgaları elektrik sinyallere dönüştüren cihazdır. Radyoverici ve alıcı radyo iletim sisteminde bir kanal tanımlıyor;
- ❖ AM ile yayın uzun dalgalar (150-300kHz) ve orta dalgalar (500-1.600kHz) alanında gerçekleşiyor, FM ile yayın ise ultrakısa dalgalar (88-108kHz) bölümünde gerçekleşiyor;
- ❖ AM-modulasyon ile yapılan radyo yayın iletimin bir radyo istasyonu için kanalın 9kHz genişlikte standardizasyonu vardır , FM-sinyalı ise teoretik olarak sonsuzdur, ancak radyo yayın iletiminde (monofonik iletim için) 150kHz ve (stereofonik iletim için) 250kHz genişliği kabul edilmiştir;

## SORULAR VE ÖDEVLER

1. Üsküpte duyulan bazı radyovericilerin taşıyıcı frekansları şunlardır: 810kHz; 97,3kHz; 104kHz ve 101kHz. Bu frekansların dalga uzunlukları ne kadardır?
2. Hangi dalga alanlarında radyo yayın iletimi gerçekleşiyor?
3. Radyo yayın iletimin gerçekleştiği dalga alanları için frekans kapsamlarını ve dalga uzunluklarını belirle!
4. Res.5-4'te verilen salıngaç 810kHz frekansla titreşiyor. Güç kuvvetlendirici ve anten arasında frekansı verici taşıyıcının frekansına eşit olan filtre-kapsam geçiricisi bulunuyor. Bu filtrenin geçirme kapsamı 9kHz'tir. Alçak frekanslı sinyal, 280Hz, 650Hz, 1.200Hz, 2.400Hz, 7.200Hz ve 15.000Hz frekanslı basit periyotlu bileşenlerden oluşuyor. İzgesel diyagramı çizilsin ve vericinin antenindeki AM-sinyalinde bulunan bileşenlerin sayısı belirlensin!
5. Res.5-4'teki AM-vericisi için salıngaç 1.200kHz frekansla titreşirse ve alçak frekanslı sinyal üst sınır frekansı 15kHz olan müzik sinyali ise AM-vericinin izgesel diyagramı belirlensin. Verici anteninden AM-sinyalin tayfında bulunan alt sınır frekansını belirle.
6. Verici radyo yayınsal ise, antendeki FM-sinyalin tayfı ne kadar geniştir?
7. Radyo yayıncılığında FM-vericilerden iletilen sinyaller hangi frekanslarda ve hangi dalga uzunluğundadırlar?
8. Müzik sinyalin FM-vericiden iletilmesi AM-vericilere kıyasen hangi avantajları vardır?

### Verilen cümlelerin doğru olması için boş yerleri doldur!

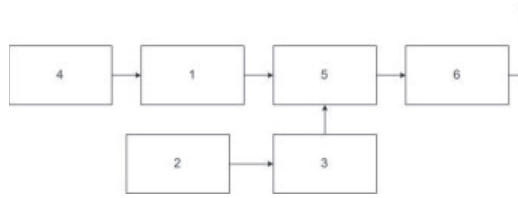
- Alıcı, \_\_\_\_\_vericilerden yayılan sinyalleri alan cihazdır.
- Radyo yayın iletimi salıngaç devrelerin yardımıyla elektromanyetik dalgaların oluşması ve onların \_\_\_\_\_ ile yayılmasıdır.
- Orta dalgalarda radyo yayını  $f =$  \_\_\_\_\_ ile \_\_\_\_\_arası frekanslarla gerçekleşiyor
- AM-sinyal vericisi AF-sinyalinin iletimini gerçekleştirmeden önce onun \_\_\_\_\_modülasyonunu yapıyor.



- FM-sinyal tayfının genişliği, FM-alıcılarında \_\_\_\_\_ değeriindedir. Radyo yayıncılıkta bu genişlik \_\_\_\_\_'tir çünkü  $\Delta f_{\max} = 75\text{kHz}$ 'tir.

**Cümleyi tamamla**

- Aşağıdaki resimde \_\_\_\_\_ gösterilmiştir



Resimde verilen şu bloklar neyi tanımlıyor

1 - \_\_\_\_\_

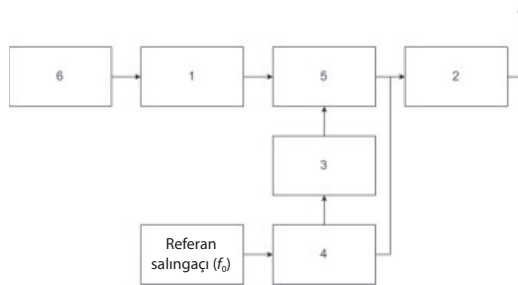
2 - \_\_\_\_\_

3 - \_\_\_\_\_

Blok 3 ve 5 arasındaki (frekans) sinyali nasıldır?

\_\_\_\_\_

- Aşağıdaki resimde \_\_\_\_\_ gösterilmiştir



- Her terim yanında yukarıdaki resimden uygun sayıyı yaz.

Güç kuvvetlendiricisi (\_\_\_\_\_)

Frekans karşılaştırıcı (\_\_\_\_\_)

AF-kuvvetlendiricisi (\_\_\_\_\_)

Referant salıngaç (\_\_\_\_\_)

## 6. RADYO YAYIN ALICI CİHAZLARI

**R**adyo alıcısı radyo vericilerin oluşturduğu elektromanyetik alanların etkisi altında alıcı anteninde endüklenen büyük sayıda yüksek frekanslı gerilimlerden, sadece alıcının ayarlanmış olduğu frekansına eşit olan vericiden sinyalleri ayıran ve kuvvetlendiren, ve bu sinyalden bilgiyi ayıran elektrik cihazıdır. Ayrılan bilgi ses (konuşma, müzik) yada veriler olabilir. Radyo alıcılar, radyo yayıncılığında, radyo iletişimde, uzaktan kontrol ve yönetimde, radyo navigasyonda (denizcilikte), televizyonda, radar sistemlerinde vb. alanlarda kullanılıyor.

### 6.1. RADYO YAYIN ALICILARI

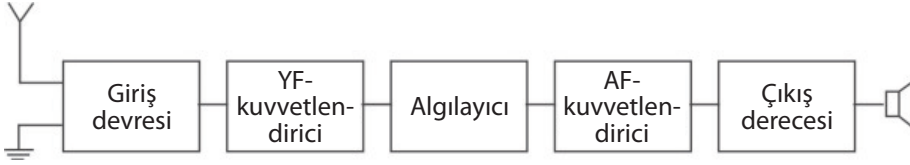
Radyo alıcılar birkaç şekilde ayrılabilir: çalışma prensibine göre, çalışma alanına göre ya da modülasyon türüne göre.

Çalışma prensibine göre alıcılar *direkt* (dolaysız, doğrudan kuvvetlendirmeli alıcılar) ve *süperheterodin* (dolaylı kuvvetlendirmeli alıcılar) alıcılar olarak ikiye ayrılıyor. Hangi alan için alıma sahip olduklarına göre, radyo alıcılar *uzun dalgalı* (UD), *orta dalgalı* (OD), *kısa dalgalı* (KD) ve *ultrakısa dalgalı* (UKD) alıcılar olarak ayrılıyor.

Modülasyon türüne göre, alıcıların amplitüd modülasyon (AM-alıcılar) ve frekans modülasyon (FM-alıcılar) ile çalışan alıcılar olmak üzere ikiye ayrılabilir.

### 6.1.1. AM-Radyo Yayın Alıcıları

**Direkt (dolaysız) alıcılar.** Direkt alıcılarda alınan istasyon sinyalinin dolaysız, doğrudan kuvvetlendirmesi gerçekleşiyor, aynı zamanda da alımı engelleyebilen diğer istasyon sinyallerin bastırılması yapılıyor. Direkt alıcının blok-modeli Res.6-1'de gösterilmiştir. Tüm alıcılarda olduğu gibi, direkt alıcısında da birinci derece *giriş devresidir*. Giriş devresinin rolü, antende farklı vericilerden oluşan çok sayıda farklı frekanslı gerilimlerden, sıradaki dereceye sadece alıcının ayarlanmış istasyon sinyalinin tayfını geçirmektir. Sıradaki derece *giriş sinyale gereken kuvvetlendirmeyi veren ve seçici özelliği olan yüksek frekans (YF) kuvvetlendiricisidir*. Bu derece pratikte, alıcının ayarlanmış olduğu istasyonun sinyalinin en çok kuvvetlendirilmesi gerektiği demektir. YF-kuvvetlendiricinin böyle seçiciliğiyle, algılayıcının (detektörün) girişinde sadece alıcının ayarlanmış olduğu istasyonun sinyali geliyor. Ayrıca, bu sinyalin algılaması yapılabilmesi (bulunabilmesi) için, sinyal gereken seviyeye kuvvetlendirilmiştir. *Algılayıcı* modüle edilmiş sinyalden bilgiyi ayırıyor ve çıkışında alçak frekanslı gerilim meydana geliyor.

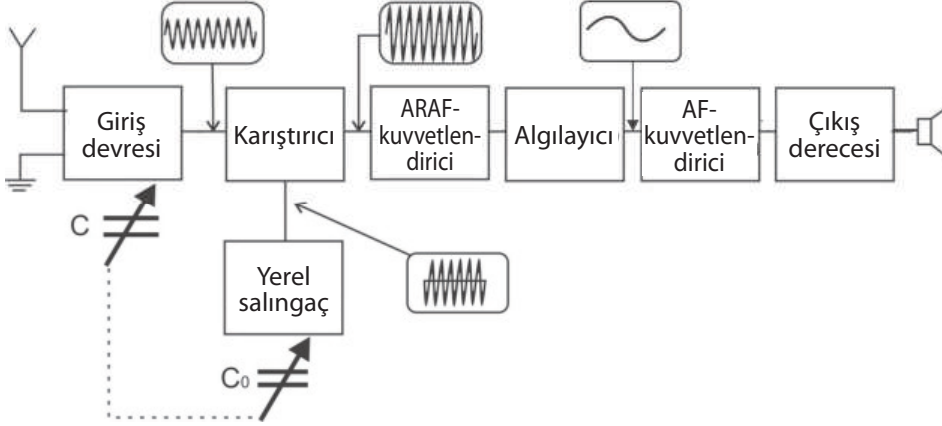


Res. 6-1. Direkt alıcının blok-modeli

Bu şekilde elde edilmiş alçak frekanslı gerilim, çıkış sinyalinin tahrik edilmesi için AF-kuvvetlendiricide gereken seviyeye kuvvetlendiriliyor. Çıkış derecesi sıkça *gücün kuvvetlendiricisi* olarak da adlandırılıyor. Sonunda, hoparlör bu elektrik gücünü akustik gücüne dönüştürüyor, yani bilgiyi özgün yada başlangıç biçimde geri veriyor.

**AM sinyallerin süperheterodin alıcıları** Direkt radyo alıcıları günümüzde artık kullanılmayan nispeten basit cihazlardır. Kötü seçicilikleri ve düşük hassasiyetleri, yani daha zayıf istasyonardan zayıf algılama olanakları var. Onlar, blok-modeli Res.6-2'de verilmiş süperheterodin alıcılar olarak bilinen alıcılardan bastırılmıştır.

*Giriş devresinin* yardımıyla alıcının ayarlanmış olduğu istasyonun sinyali ayrılarak, diğer sinyaller bastırılıyor. İstasyonun sinyali, taşıyıcı frekansı  $f_{is}$  olan amplitüdü modüle edilmiş gerilimdir. Bu gerilim frekans değişim derecesine (FDD) yönlendiriliyor. Bu derecenin tam adı: *taşıyıcı frekansının değişim derecesidir*, çünkü bu derecede AM-sinyali yeni taşıyıcı kazanıyor. Yeni frekansa arafrekans denir ve  $f_{araf}$  ile işaretleniyor.



Res. 6-2. Süperheterodin AM-alıcının blok-modeli

Frekansın değişim derecesi iki ayrı bütünden oluşuyor. Onlar da *karıştırıcı* ve *yerel salıngaçtır*. Yerel salıngaçın oluşturduğu gerilim sabit frekanslıdır, frekansı  $f_s$  ile işaretleniyor ve değeri alıcının ayarlanmış olduğu istasyonun taşıyıcıdan  $f_{araf}$  için daha büyüktür. İstasyon sinyalini ve yerel salıngaç sinyalin aynı zamanda etkilediğinden dolayı, karıştırıcının çıkışında ara frekans gerilimi elde ediliyor. Bu gerilim, taşıyıcısının frekansı  $f_{araf}$  olan AM-gerilimdir, kaplanması (zarfın) ise programı alınan istasyon sinyalini kaplanmasıyla aynı şekli vardır. Buna göre, vericiden frekans değişim derecesine kadar bilgiyi  $f_{is}$  frekanslı sinyal götürüyor, oradan ise taşıyıcı sinyalin  $f_{araf}$  frekansı vardır. İstasyon taşıyıcısının frekansı ve yerel salıngaçın frekansı arasındaki, ara frekansla ifade edilmiş matematiksel ilişki, şöyledir:

$$f_{mf} = f_0 - f_s \dots\dots\dots(6-1)$$

Alımın başka bir istasyona geçirildiği sırasında, giriş devresinin rezonans frekansının değişimli kapasitör C yardımıyla yeni istasyonun taşıyıcı frekansına eşit olması için ayarlanıyor. Bu sırada, rötörü giriş devresindeki (C) değişimli kapasitör ile aynı ekseninde bağlı olan yerel salıngaçtaki değişimli kapasitörü  $C_0$  ile (6-1) koşulunu yerine getirecek şekilde frekansın değişimi gerçekleşiyor. Böylece, karıştırıcının girişinde frekans yeniden  $f_{araf}$  frekansına eşittir. *Bunun anlamı, alıcının hangi istasyona ayarlanmış olduğu önemli olmadan, karıştırıcı çıkışında AM-sinyalin frekansın  $f_{araf} = 455\text{kHz}$  frekansına eşit olduğudur.*

Karıştırıcı çıkışındaki arafrekans gerilimi amplitüdü modüle edilmiştir, onun kaplayıcısı ise karıştırıcının girişindeki istasyon sinyalinin kaplayıcısıyla eşittir. Ondan sonra, bu ara frekans gerilimi ARAF-kuvvetlendiriciyle (Ara Frekans-kuvvetlendiriciyle) güçlendiriliyor ve algılayıcıya gönderiliyor. Bu alıcılarda seçicilik ve hassasiyet çok daha iyidir.

**Süperheterodin alıcılarında** istasyondan sinyal daha alçak frekans alanına taşınıyor. Bu alanda seçiciliğin ve kuvvetlendirilmenin yapılması daha kolaydır, bununla da daha kaliteli alım sinyali elde ediliyor.

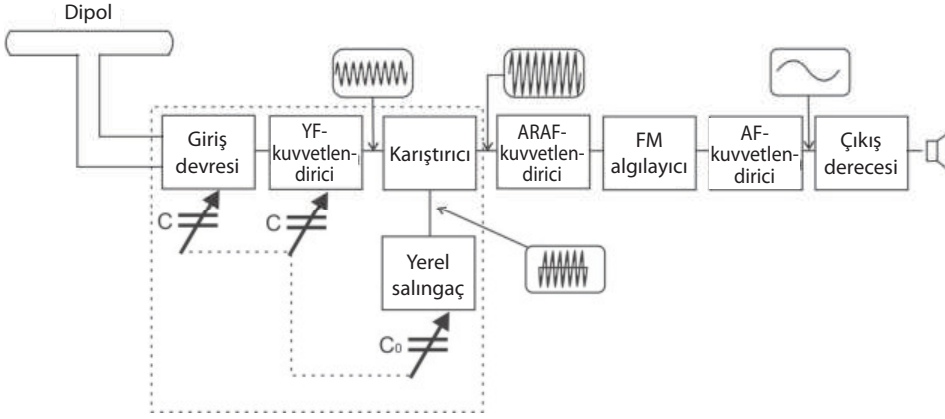
### 6.1.2. FM - Radyo Yayın Alıcıları

**FM-alıcıları** frekanslı modüle edilmiş sinyallerin alınmasını yardım eden alıcılardır. Bu sinyallerle radyo yayıncılığı ultrakısa dalgalarla (UKD) gerçekleşiyor ve onun için bu alıcılar sıkça **UKD-alıcılar** olarak da adlandırılıyor. FM – radyo yayın alıcının blok-modeli Res.6-3'te gösterilmiştir.

FM-alıcılarında 1,5m uzunluğunda, açık dipol şeklinde dış anten kullanılıyor. Bu antenin taşınabilir küçük cihazlarda kullanılması pratik olmayabilir ve bu yüzden bu cihazlarda girilebilen ve çıkabilen (teleskopik) sopa-anten kullanılıyor.

Giriş devresi ve YF-kuvvetlendiricinin yardımıyla alıcının ayarlanmış olduğu istasyonun tayfı ayrılıyor ve kuvvetlendiriliyor, kalanları ise bastırılıyor. Karıştırıcı ve yerel salıngaçtan oluşan frekans değişim derecesinde, is-

tasyon taşıyıcısı yeni değer kazanıyor. Bu frekans (ara frekans) FM-alıcılar için standartlaşmıştır ve hepsinde  $f_{araf}=10,7\text{MHz}$  değerindedir.



Res. 6-3. FM-alıcının blok-modeli

ARAF-kuvvetlendiricide ara frekans sinyalini kuvvetlendiriliyor ve diğer istasyonlar etkisi altında karıştırıcıda meydana gelen ve giriş devresinde ve YF-kuvvetlendiricide bastırılmayan sinyaller bastırılıyor. Ondan sonra, devamda frekanslı modüle edilmiş sinyallerin algılayıcısı geliyor. Çıkışta AF-gerilim elde ediliyor, bu gerilim kuvvetlendiriliyor ve hoparlörlerle oynatılıyor.

### Stereofonik Alıcılar

88 ile 108MHz arası alandaki ultra kısa dalgalarda, *dinleyicilere dinlenen müzik için alansal görüntü veren stereofonik radyo yayını* gerçekleştiriyor. Stereofonik alıcının blok modeli Res.6-4'te gösterilmiştir.

FM-alıcısına kıyasen, stereofonik ve monofonik alıcı arasında yeni bir dereceden farkın oluştuğu görünüyor. Bu derece kod çözücünden ve iki AF-kanalından oluşuyor. Bu alıcı, monofonik alıcının ayarlandığı gibi aynı şekilde stereofonik vericisine ayarlanırsa, o zaman FM-algılayıcının çıkışında *çoklu (multipleksli) sinyal* ( $M_{px}$ ) olarak bilinen sinyal elde ediliyor. Bu sinyal sol (L-left) ve sağ (R-right) AF-sinyal içeriyor. Onlar müziği yayınlandığı orkestrinin sol ve sağ tarafından kaynaklanıyor. Çoklu sinyalden kod çözücüsü ayırdan sol sinyali ayırdan sağ sinyali ayırıyor. Bu sinyaller ayrı AF-kanallar aracılığıyla kuvvetlendiriliyor ve hoparlörler aracılığıyla çalınıyor.



tansiyometre aracılığıyla, AF-bölümüne gönderiliyor ve hoparlörden oynatılıyor.

KD işaretli düğmeye bastırılınca, tüm anahtarlar K ile işaretlenen pozisyona taşınıyor. Böylece antenden sinyal kısa dalgalar giriş devresine geliyor, ondan ise Frekans Değişim Derecesine (FDD) götürülüyor. Bu derecedeki transistör, UKD alımı sırasında 10,7MHz'lik sinyal için birinci ARAF-derecesi olarak çalışan aynı transistördür. Uygun anahtarlarla transitöre uygun elemanlar eklenerek aynı zamanda hem salıngaç hem FDD olarak çalışıyor. Çıkış ara frekans sinyali, 455kHz yada başka benzer bir değere ayarlanmış salınımlı devreler içeren iki dereceli ARAF-kuvvetlendiriciye gönderiliyor. Bu derecede de, UKD alımı sırasında ARAF-kuvvetlendiricide (10,7MHz sinyali için) ikinci ve üçüncü derecede çalışan aynı transistörler kullanılıyor. Devamda, AF-sinaylı AM-algılayıcıdan kuvvet ayarlama potansiyometreye götürülüyor, oradan da alıcının AF-bölümüne gönderiliyor.

## 6.2. RADYO ALICILARININ ÖZELLİKLERİ

Bir radyo alıcının olanaklarının değerlendirilmesini yardım eden en önemli özellikler şunlardır: *hassasiyet, seçicilik, çıkış gücü, reproduksiyon sadakati ve alım alanları.*

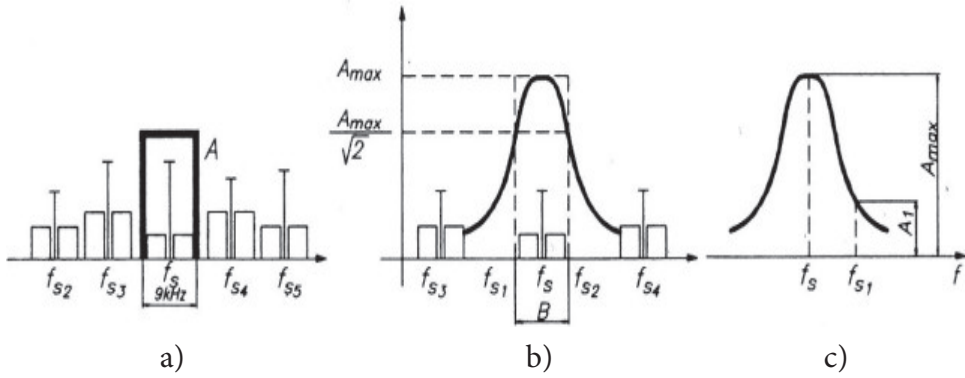
**Hassasiyet** radyo alıcının antende düşük gerilimler sırasında (zayıf sinyaller sırasında) memnun edici kaliteli alımın gerçekleştirme olanağı ölçüsüdür.

Radyo yayın alıcıların hassasiyeti birkaç mikrovolt'tan birkaç yüz mikrovolt'a kadar değişiyor. Profesyonel alıcıların hassasiyeti genelde normal alımın gerçekleşmesi için kullanıcı sinyalin güç büyüklüğü olarak ifade edilir ( $10^{-15}$  W'tan  $10^{-12}$  W'a kadar). Ferit (demir tuzu) antenli alıcılarda, hassasiyet sinyalin normal alımının gerçekleştiği alım yerinin en küçük alan kuvveti olarak tanımlanıyor. Bu en küçük (minimum) kuvvet birkaç mW/m onluk bölümü ile birkaç mW/m arasında olabilir.

**Seçicilik** radyo alıcının, alım anteninde farklı alanlar ve farklı engeller oluşturan, farklı frekanslı birçok sinyalden, sadece kullanışlı, yani sadece alındığı istasyonun sinyallerini ayırma, tüm diğer sinyalleri ise bastırma olanağıdır. Bu sırada, normal alımı engelleyen tüm engeller iki gruba ayrılabilir-



ğini göz önüne almalıyız. Birinci grupta alıcının ayarlanmış olduğu frekan-  
sa yakın frekansları olan sinyaller aittir ve bunlara komşu kanal engelleri de-  
nir. İkinci grupta ilkel kullanıcı sinyalin frekansından çok daha büyük fre-  
kansları olan sinyaller aittir ve bunlar **uzak kanallardan (vericiler) engel-**  
**ler** olarak adlandırılıyor. *Komşu kanal engelleri ARAF-kuvvetlendiriciyle dış-*  
*lanıyor, uzak kanallardan engeller ise giriş devresinde ve YF-kuvvetlendiricide*  
*(eğer varsa) dışlanıyor.*



Res. 6-6. Giriş devrelerin seçici özellikleri

Alıcının seçiciliği, onun YF-bölümünde, antenden algılayıcı-  
ya kadar elde ediliyor. Bu arada simetrik istasyonuna göre seçicilik YF-  
kuvvetlendiricinin giriş devresinde gerçekleşiyor, komşu kanallara göre se-  
çicilik ise ARAF-kuvvetlendiricide gerçekleşiyor.

İdeal seçicilikle alıcının kuvvetlendirilmesi (A), (Res.6-6-a)'da göste-  
rilmiştir. Gerçek alıcıların böyle bir özelliği yoktur (Res.6-6-b). Bu resimden  
alıcının geçirme kapsamı (B) teriminin ne demek olduğu görünüyor. Alıcı-  
nın geçirme kapsamı, kuvvetlenirmenin en yüksek (maksimum)  $A_{max}$  kuv-  
vetlendirmesinin yaklaşık 70%'e eşit olan frekansların farkıdır ( $f-f_1$ ).

Radyo alıcının **Reprodüksiyon sadakatı** çıkışında anteninden gelen  
modüle edilmiş AM-sinyalin kaplamasını ne kadar yakın çaldığına göre gö-  
rünüyor. Antenden hoparlöre kadar geçtiği yolda, sinyal alıcının birkaç de-  
recesinden geçiyor. Bunlardan hiçbiri ideal değildir, ya da her derece sin-  
yale bazı değişiklik yapıyor. Demek ki sinyalde belirli bir ölçüde biçim bo-

zukluğu meydana gelmiş. Buna göre hoparlörün gerilim şekli de antenin AM-gerilimin kaplama şekliyle aynı olmayacak.

### Alım Alanları

Radyo yayını, birkaç kiloherzden onlarca gigaherze kadar frekansları olan elektromanyetik dalgalar yardımıyla gerçekleşiyor. *Radyo yayıncılığı kısa, ultra kısa, orta ve uzun dalagaların sadece belli alanlarında gerçekleşiyor.* Modern alıcıların büyük kısmı orta ve ultrakısa dalgalar program yayan istasyonların alımı için tasarlanmıştır, ancak diğer dalga alanlarından da istasyonlarda yayan programları alan alıcılar da var (örneğin, kısa dalgalar alanından).

UD	-	150kHz (2.000m)	÷	300kHz (1.000m)
OD	-	500kHz (600m)	÷	1.500kHz (200m)
KD	-	6MHz (50m)	÷	20MHz (15m)
UKD	-	88MHz (3,4m)	÷	108MHz (2,78m)

### Çıkış Gücü

Çıkış gücü *harcayıcıda* (hoparlör, kulaklıklar vb.) *gelişen elektrik gücüdür.* Çıkış gücün büyüklüğü alıcının amacından ve yükün türüne bağlıdır (kulaklıklar, hoparlör, uzaktan yönetim cihazı, yazıcı vb). Radyo alıcıların gücü birkaç onluk milivat (mW) (cep alıcılar için) ile birkaç onluk vat (stereofonik alıcılar) arasında değişiyor.

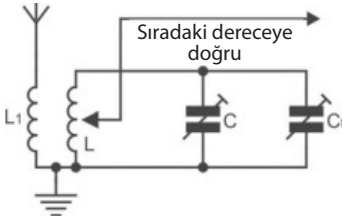
## 6.3. GİRİŞ DEVRELERİ

**Giriş devresi** her radyo alıcının birinci derecesidir. Giriş devrenin rolü dinleyicinin istasyondan dinlemek istediği programın sinyalini ayırmaktan oluşuyor. Bu sinyalin ayrılmasını, giriş devresi antenden gelen farklı istasyonlardan sinyal çokluğundan yapması gerekiyor. Bu sırada, dinleyicinin seçtiği istasyon sinyalinin edebildiği kadar kuvvetlendirilmesi ve diğer istasyonlardan diğer sinyallerin edebildiği kadar zayıflaması gerekiyor. Giriş devresi antenle bağlantı sağlıyor ve alım anteni ve harcıyıcı olarak radyo alıcı arasında uyarılama gerçekleştiriyor. Özellikle, frekansları  $f_{ara}$  frekan-

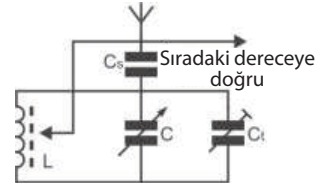
sına yakın olan sinyallerin ve frekans değişim derecesinde (FDD) oluşan taşıyıcı frekansın arafrekansına yakın olan sinyallerin edebildiği kadar fazla (maksimum) bastırılması önemlidir (burada özellikle simetrik istasyonunun bastırılması önemlidir). Komşu istasyonlardan sinyallerin bastırılması için gereken seçiciliğin giriş devresinde ve yüksek frekanslı salınğaçta tamamiyle gerçekleşmesi mümkün olmadığını vurgulamak gerekiyor. Bu seçicilik arafrekans kuvvetlendiricide (ARAF-kuvvetlendiricide) gerçekleşiyor.

Her giriş devresinin ana parçası genelde frekansı dinleyicinin almak istediği taşıyıcı istasyonun frekansına eşit olmasına ayarlanan **paralel salınğaçtır**.

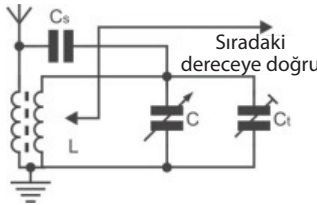
Sinyalin antenden bu salınımlı devreye getirildiği şekile göre giriş devresi şöyle olabilir: *endüktif ya da Tesla bağlantılı* giriş devresi (Res.6-7); *kapasitif bağlantılı* giriş devresi (Res.6-8); *karışık bağlantılı* giriş devresi (6-9) ve *dış (ferritli) anteni takılmış* giriş devresi (Res.6-10)



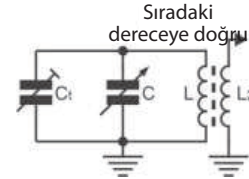
Res. 6-7. Endüktif (Tesla) bağlantılı giriş devresi



Res. 6-8. Kapasitif bağlantılı giriş devresi



Res. 6-9. Karışık bağlantılı giriş devresi



Res. 6-10. Ferrit antenli giriş devresi

Giriş devresinde kullanılan tüm bu elemanların kendi rolleri vardır. Devamda onları açıklayacağız:

$C_s$  – antenli bağlantı kapasitörü. Onun aracılığıyla sinyaller antenden salınımlı devreye taşınıyorlar. Büyüklüğü birkaç pikofarat'tan (büyük dış antenler için) birkaç onluk pikofarada (çok kısa dış anten için) kadar olabilir;

$C$  – salınımlı devrenin rezonans frekansının değerini, alınan istasyon taşıyıcısının frekansına eşit ayarlayan değişimli kapasitör;

$C_t$  – Trimer – alım alanının üst sınır frekansını ayarlamak için kullanılan kapasitör;

$L$  – paralel bağlanmış kapasitörlerle salınımlı devre oluşturan giriş devresindeki sarım. Bu sarım ferromanyetik malzemedan cisime sarılıyor. Yapısal açıdan, bu cisim sarımın ekseninden hareket edilecek şekilde yapılmıştır. Böylece alım alanının alt sınır frekansının ayarlanması sağlanıyor;

$L_1$  – sarımıyla sinyallerin antenden salınımlı devreye geçirilmesi için kullanılan YF-transformatör oluşturan anten sarımı;

$L_2$  – Giriş devresinin alıcıda sıradaki dereceyle bağlanmak için sarım.  $L_2$  ve  $L$  sinyallerin salınımlı devreden sıradaki dereceye geçirmek için kullanılan YF-transformatörü oluşturuyor;

FA –  $L$  ve  $L_2$ 'nin sarılmış oldukları ferrit çekirdeği. Değişken trimer-kapasitör seçimi sırasında aşağıdaki koşulun yerine getirilmesine dikkat edilmelidir:

$$\frac{C_{\max}}{C_{\min}} > \left( \frac{f_{\max}}{f_{\min}} \right)^2 \dots\dots\dots(6-2)$$

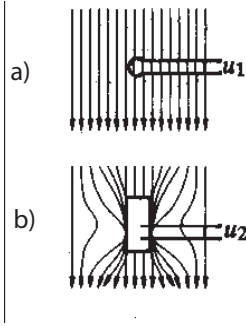
$f_{\max}$  alım alanının üst sınır frekansı,  $f_{\min}$  ise alt sınır frekansdır.

**Kapasitif bağlantılı giriş devresi** (Res. 6.9) *genelde profesyonel alıcılarda kullanılıyor. Sadece bir istasyonun alımı için öngörülmüştür ya da dar alım alanlı alıcılarda kullanılıyor. Kapasitif bağlantılı giriş devresi tüm gerilimleri eşit olarak kuvvetlendirmiyor. Eğer gerilimlerin frekansı rezonan frekansından daha uzaksa, kuvvetlendirme daha azdır. En çok frekansı devrenin rezonans frekansına eşit olan sinyaller kuvvetlendiriliyor.*

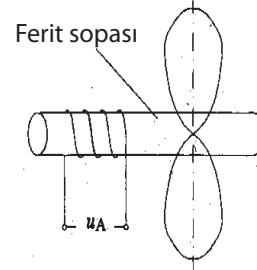
Endüktif bağlantılı giriş devresi Tesla bağlantılı giriş devresi adıyla da biliniyor. Onun eşdeğer modeli Res.6-7'de verilmiştir.  $L_1$  ve  $L$  sarımları ortak sarım cisiminde bulunuyorlar, öyle ki aralarında endüktif bağlantı vardır. Salınım devrenin kapasitesinin ve direncin etkisinin azalması için bağlantı faktörü  $K$  en yüksek değerinin altındadır.

Kapasitif bağlantılı giriş devresinde en yüksek (maksimum) kuvvetlendirme  $A_{max}$  frekansın yükselmesiyle büyüyor, Tesla bağlantılı giriş devresinde ise azalıyor. Bu özellik, sabit  $A_{max}$  değerinin elde edilmesi için bu iki devreyi birleştirme fikri verilmiş ve bu şekilde karışık bağlantılı (**kombine bağlantılı**) devresi elde edilmiş.

**Ferit (demir tuzu) antenli giriş devresi** Res.6-10'da verilmiştir. Ferit antenli ve yukarıda açıklanan diğer giriş devreler arasındaki yapısal fark, L sarımın ferit çekirdeğinde (sopasında) sarılmış olmasıdır. Ferit sopasının uzunluğu 10 ile 20 cm arasındadır, çapı ise yaklaşık 1 cm'dir. Ferit sopasının havadan çok daha düşük manyetik direnci var ve bu şekilde ondan geçen manyetik kuvvet hatlarının (Res.6-11) yoğunlaşması sağlanıyor.



Res.6-11. Manyetik kuvvet hatları

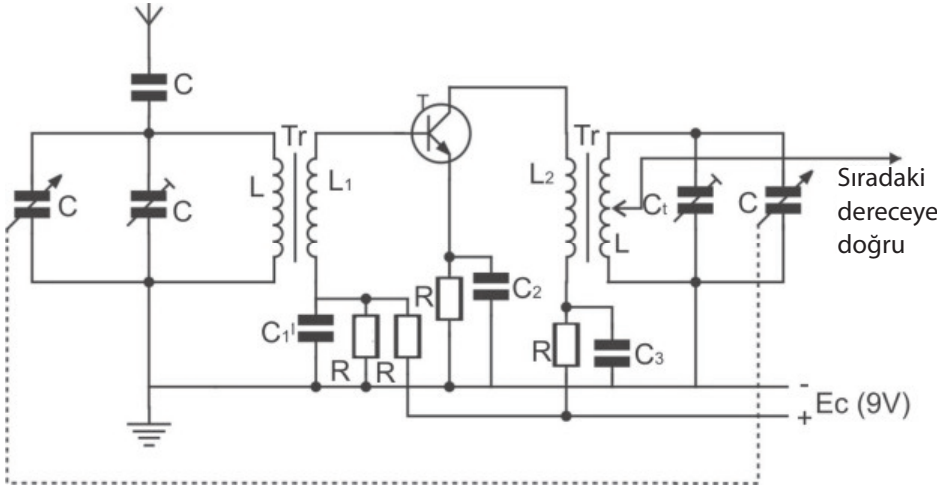


Res.6-12. Yönlendirme özelliği

*Ferit antenin* alımda Res.6-12'de verilmiş şekilli yönlendirme özelliği var. Resimden radyo vericinin bulunduğu yönün önemsiz olmadığı görünüyor. Ferit antenin sekiz şekilde yönlendirme özelliği var. Ferit çekirdeğin 360 derece için döndüğünde gerilim için iki en yüksek ve iki en alçak değer gözlemlenebilir. Sopa eksenini, istasyona doğru yönde dik açıda bulunduğu zaman alım en kuvvetlidir, istasyona doğru yönde paralel olduğu zaman ise en düşüktür. Bu olumsuz bir özelliktir, özellikle ferit antenin taşıyabilir alıcılarda kullanıldığı zaman. Radyo alıcılarda bu olumsuzluk kuvvetlendirmenin otomatik ayarlanmasıyla telafi ediliyor.

## 6.4. YÜKSEK FREKANS (YF) KUVVETLENDİRİCİSİ

YF-kuvvetlendiricisi farklı istasyonlarda oluşan farklı frekanslı tüm sinyallerden, en çok alıcının ayarlanmış olduğu sinyaller tayfını kuvvetlendirirken, tüm diğer sinyalleri bastıran (çok daha az kuvvetlendiren) seçici gerilim kuvvetlendiricisidir. Bu arada, giriş devresi gibi, YF-kuvvetlendirici de komşu kanalların sinyallerini gereken ölçüde bastıramıyor (bu zaten YF-kuvvetlendiriciden beklenmiyor) ve bu sinyallerin bastırılması ARAF-kuvvetlendiricide gerçekleşecek. Diğer sinyallere göre, YF-kuvvetlendiricisi için en önemli simetrik istasyon sinyallerini bastırmasıdır. YF-kuvvetlendiricinin elektrik modeli Res.6-13'te verilmiştir. Bu resimde kapasitif bağlantılı giriş devresi de gösterilmiştir

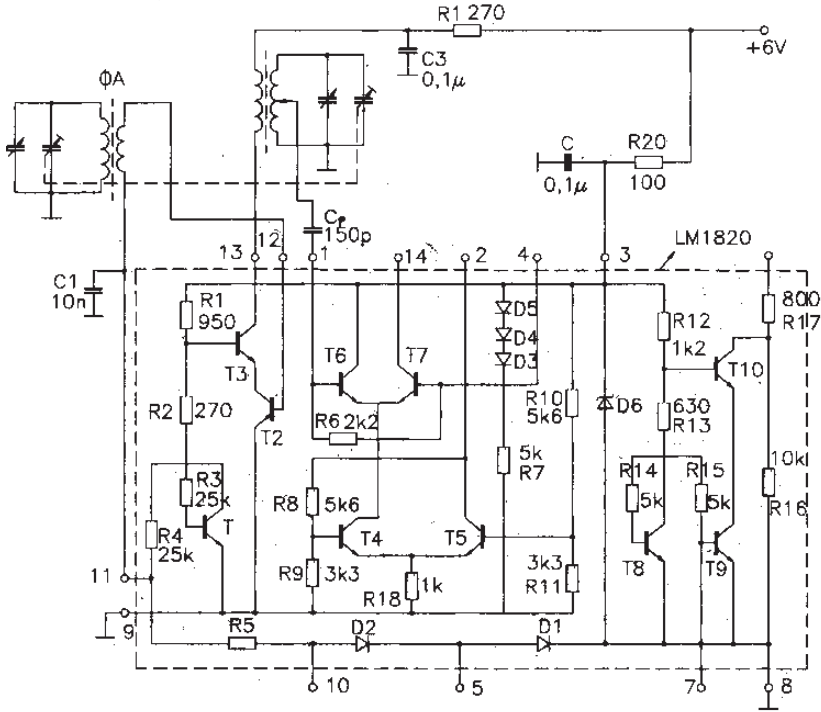


Res. 6-13. Giriş devresi ve YF-kuvvetlendirici

Transistörden iki tür ceryan akıyor:  $E_c$  besleme pilin etkisi altında akan ve transistörün çalışma noktasını belirleyen (statik çalışma düzeni) *tek yönlü* ceryanlar ve YF-gerilimim etkisi altında akan ve giriş devresinden transistörün temeline gidip dinamik çalışma düzenini tanımlayan *değişimli yüksek frekanslı ceryanlar* (YF-ceryanlar). Tek yönlü ceryanlar için sarımların gerilimi ihmal edilebilir derecede düşüktürler, kapasitörlerin direnci ise YF-kuvvetlendiricideki rezistörlere kıyasen sonsuz büyüktür. Diğer taraftan ise, YF-ceryanlar için  $C_1$ ,  $C_2$  ve  $C_3$  kapasitörlerin dirençleri ihmal edilebile-

cek kadar alçaktır. Salınlı devrenin, sinyalin YF-kuvvetlendiriciden gönderildiği ikinci derecede giriş geriliminden boğuşmaması için, sıradaki dereceyle bağlanma şu şekilde gerçekleşebilir: L sarımdan alıntı aracılığıyla, salınlı devrenin sonlarında sinyalden bir bölüm alınır. Sarımdaki alıntı ve L2 endüktivitesindeki sarımlar sayısı, sıradaki derecenin kopyalanmış giriş direnci ve YF-kuvvetlendiricideki transistörün kopyalanmış çıkış direnci, eşit olacak şekilde hesaplanıyor (bununla kuvvete göre uyarlamak gerçekleşiyor). Bu sırada devrenin geçirme kapsamı alınan istasyondan sinyal tayfının genişliğinden biraz daha geniş olmasına dikkat verilmelidir.

Fazla alanlı AM-alıcılarında, her dalga alanı için ayrı endüktanslar ( $L_2$  ve L) ve ayrı trimer-kapasitörler vardır, değişen kapasitör ise tüm dalga alanları için ortaktır. Belli bir düğmenin bastırılmasıyla, belli bir dalga alanının seçimi gerçekleşiyor, Bu arada, giriş devrelerin pratik gerçekleştirmelerde anlattığımız şekilde benzer olarak elemanlar arasında uygun bağlantılar kuruluyor.



Res. 6-14. LM-1820 tümleşik devreli YF-kuvvetlendiricisi

YF-kuvvetlendiricilerde, kuvvetlendirici olarak FET-transistörler de kullanılıyor. Günümüzde YF-kuvvetlendiricileri tümleşik devrelerle yapıyor. (Res.6-14).

Alınan istasyonun sinyali,  $T_2$  transistörün giriş devresine, transistörün temeli ve yayınlayıcı arasında getiriliyor. Bu arada,  $C_1$  değişimli YF-ceryanı için kısa bağ olarak davranıyor.  $T_3$  toplayıcının salınımlı devresinde sinyal kuvvetlenmiş şekilde elde ediliyor. Bu sinyal, sarımın alıntısıyla, bağımlı kapasitör C aracılığıyla, tümleşik devrenin pin 1'de götürülüyor, yani frekans değişim derecesinin (FDD) girişine götürülüyor.  $R_{20}$  rezistörü,  $D_6$  zener-diyotla beraber gerilimin dengeleyicisini (stabilizatörü) oluşturuyor, ve  $C_3$  ile filtreyi-alçak frekanslar geçiriciyi oluşturuyor. Bu filtreye pil aracılığıyla geri bağı engelliyor. Aynı işlevi  $R_1C_3$  filtresi de görüyor.

## 6.5. FREKANS DEĞİŞİM DERESESİ (FDD)

Frekans değişim derecesinin girişinde giriş devresinden ya da yüksek frekanslar seçici kuvvetlendiricide AM sinyal getiriliyor, çıkışında ise alıcının hangi istasyona ayarlanmış olduğu önemli olmadan, her zaman sabit olan, yeni taşıyıcı frekanslı (arafrekanslı) AM-sinyal elde ediliyor. Frekans değişim derecesinin çalışması için, istasyonun taşıyıcı sinyalinin  $f_0$  frekansından,  $f_{araf}$  frekans için daha yüksek frekanslı yardımcı sinyal gerekiyor. Bu YF-sinyal yerel salıngaçta (YS) oluşuyor. Böylece bu salıngaç, frekans değişim derecesinin (FDD) tümleşik bir parçası olarak sayılabilir.

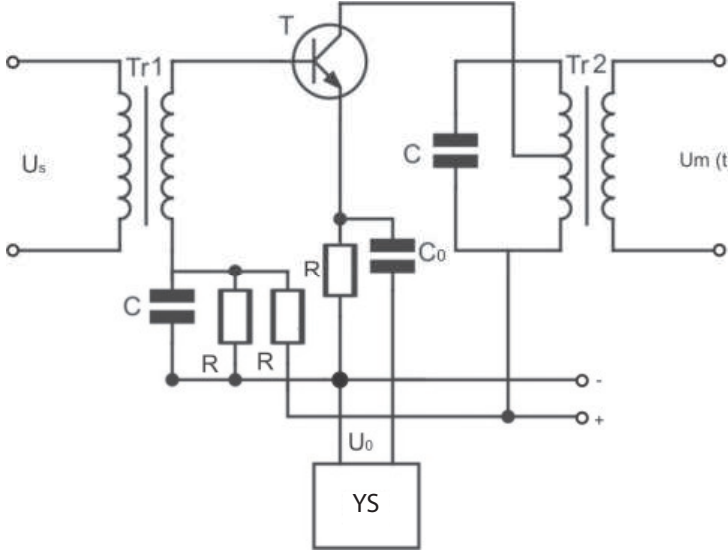
FDD'nin düzgün çalışması için, *doğrusal olmayan eleman gereklidir*, yani elektrik ceryanın gerilimden doğrusal bağımlı olmayan eleman gereklidir. Bu amaçla, *diyodlar, bipolar (iki kutuplu) transistörler ve FET-ler* kullanılıyor. Bu doğrusal olmayan eleman dışında, her FDD'nin mecburi parçası, seçici elemanıdır. Seçici elemanın yardımıyla, sadece frekansı  $f_{araf}$  frekansına, ya da **ara frekansa** eşit olan ceryan ayrılıyor.

Frekans değişim derecesinin çalışma prensibi, çıkma sürecine temelleniyor. Bu süreçle, frekansları  $f_1$  ve  $f_2$  olan iki gerilimden ara frekanslı üçüncü gerilim elde ediliyor:



$$f_{\text{araf}} = f_o - f_s \dots \dots \dots (6-3)$$

Res. 6-15'te FDD'nin transistörler ve yerel salıngaç yardımıyla gerçekleştirilmesi tanımlanmıştır. Bu kurgunun, diyotlu kurguya kıyasen avantajı, transistörün de belirli kuvvetlendirme vermesidir.



Res. 6-15. Ayrı yerel salıngaçlı FDD

Yerel salıngaçtan gerilim kapasitör aracılığıyla, yayınlayıcı ve tablo arasında getiriliyor, giriş devresinden gerilim ise transistör temeli ve tablo arasında getiriliyor. Bu şekilde,  $u_s$  ve  $u_o$  gerilimleri sıralı olarak transistörün temel-yayınlayıcı diyoduyla bağlıdır. Salıngaç genelde Maysner salıngaçcı olarak gerçekleşiyor, ancak başka bazı salıngaç da kullanılabilir. Bu arada önemli olan salıngaçın kararlı titreşme frekansı olmasıdır, ya da onun sadece bir değişken kapasitör ya da sarım yardımıyla değişebilmesidir.

Süperheterodin alıcılarda ayrı kurguların hesaplanması sırasında,  $f_{\text{araf}}$  **ara frekansın** değeri önceden kabul ediliyor. Bu arada yerine getirilmesi gereken birkaç koşula dikkat edilmelidir. Herşeyden önce, **ara frekans** radyo vericilerin çalıştıkları dalga alanlarından hiçbirinde olmamalıdır. Bunu göz önüne alarak, genelde uzun ve orta dalgalar arasında bulunan **orta arafre-**

**kansı** kullanılıyor, ya da  $450\text{kHz} < f_{\text{araf}} < 500\text{kHz}$  (en çok radyo yayın alıcılarda kullanılıyor).

Ancak, süperheterodin alıcılarda, ara frekans alçak olunca öne gelen özel bir engel vardır. Bu da simetrik istasyonudur (frekanslıdır). Simetrik istasyonun varolması, ara frekansın seçimi sırasında uzlaşmalı çözümün aranmasını gerektiriyor, yani ara frekansı ne çok alçak ne de çok yüksek olmamalıdır, orta arafrekansı olmalıdır.

Simetrik istasyonun, alıcının ayarlanmış olduğu istasyonun frekansından  $2 \cdot f_{\text{araf}}$  için daha büyük olan  $f_{\text{ss}}$  frekansı var

$$f_{\text{ss}} = f_s + 2 \cdot f_{\text{araf}} \dots \dots \dots (6-4)$$

Simetrik istasyonun sinyali, giriş devresinde büyük ölçüde zayıflamasına ve ondan  $f_0$  frekansı ile çıkmasına rağmen, frekans değişim derecesine kadar giriyor. Bunun sonucu olarak, ara frekans kuvvetlendiriciyle kuvvetlendirilen  $f_{\text{araf}}$  frekanslı yeni sinyal elde ediliyor.

Simetrik istasyonun alımını engellemek için tek yol, onun karıştırıcıya gelmesine izin verilmemesidir. Profesyonel alıcılarda simetrik sinyallerin alımı FDD'den önce YF-kuvvetlendiriciyle engelleyerek gerçekleşiyor.

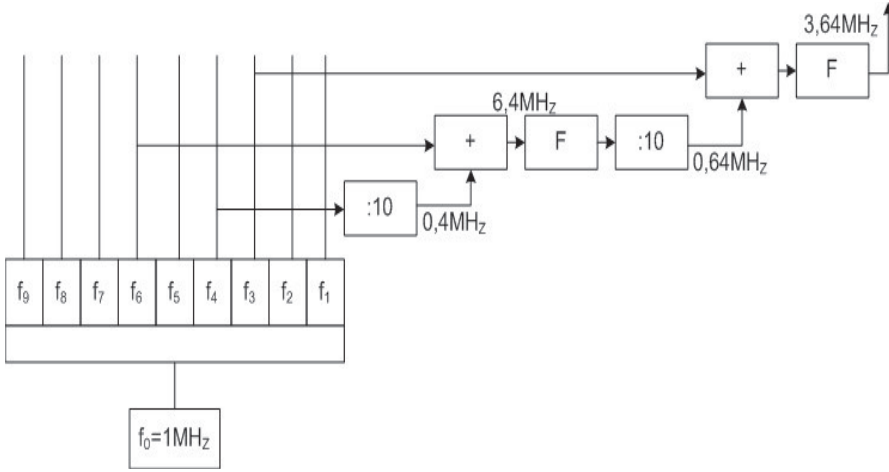
## 6.6. FREKANSLARIN SENTEZİ

**Sentez** birleşme, bağlanma anlamına gelen Yunanca kelimedir. Buna göre, **sentezleşmiş frekanslar**, salıngacın kullanımıyla elde edilmiş değil, başka devrelerde bir şekilde birleşerek yapılıyor. Sentezin amacı sadece belirli frekansların elde edilmesi değil, çünkü onlar farklı salıngaçlarla da elde edilebilir. Sorun, salıngaçların sıkça yeterli derecede kararlılıkları olmadıklarındadır, özellikle yüksek frekanslar için. **Sentez**, frekanslar için daha büyük kararlılık gerektiğinde, büyüksayıda farklı frekanslar gereğince ya da radyo cihazıyla daha basit şekilde çalışmamız gerektiği durumlarda kullanılıyor.

Pratikte, frekanalrın sentezi için üç süreç uygulanıyor: dolaysız (direkt), dolaylı (enderekt) ve tümleşik devrelerde dijital yöntemlerle.

Dolaysız (direkt) sentez cihazı Res.6-16'da verilmiştir. Bu cihaz,  $f_R$  frekanslı referans salıngacı, harmonikler üreticisi ( $f_1, \dots, f_9$ ), F filtreleri ve toplama ve çıkarma devreleri içeriyor.

Temel salıngaç olarak adlandırılan *referans salıngaç*, çok kararlı (sabit)  $f_R=1\text{MHz}$  frekanslı salıngaçtır. Bu referans frekanslı gerilim harmonikler üreticisine götürülüyor ve onun çıkışlarında temel-referans frekansının ilk dokuz harmoniği elde ediliyor.

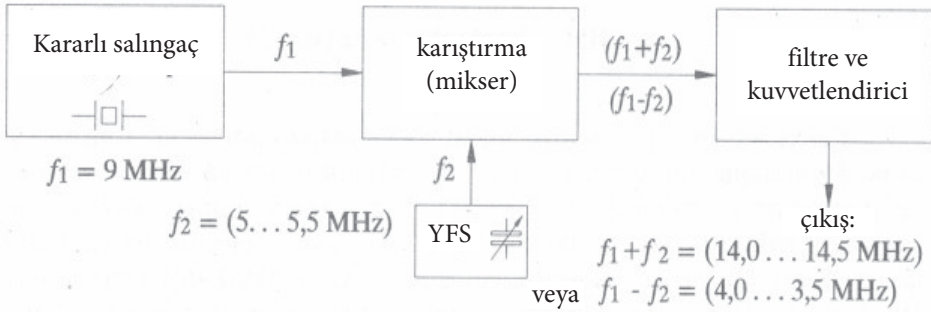


Res. 6-16. Direkt sentezin blok-modeli

Bu harmonikler  $f_1, f_2, \dots, f_9$  olarak işaretlenen, özel filtrelerle ayrılıyor (bu örnekte dokuz harmonik alınmıştır, ancak harmoniklerin sayısı dokuzdan farklı da olabilir). Gereken çıkışların uygun bağlanmasıyla ve süzme (filtreleme) devrelerin (F), toplama devrelerin (+) ve bölme devrelerin kullanımıyla herhangi frekans elde edilebilir. Resimdeki örnekte çıkış frekansı  $3,64\text{MHz}$  olan sinyal elde etmek için kombinasyon ve bağlanmalar gösterilmiştir. Toplama devrelerin (+) üzerinden yerleşen filtreler (F), farklı frekanslı iki sinyalin toplanmasında sonra meydana gelen yeni oluşan harmoniklerin elenmesi için kullanılırlar.

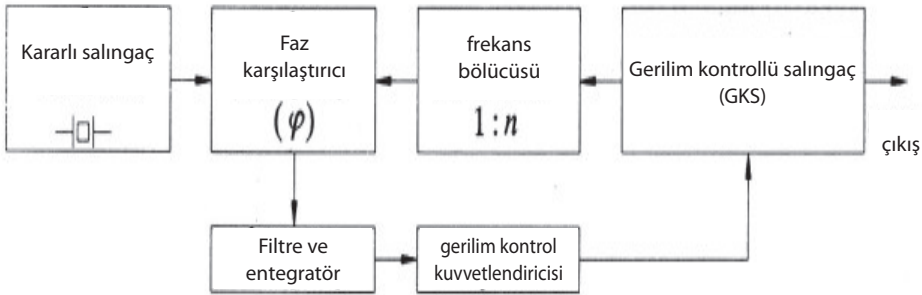
Frekansların **dolaylı (enderekt) elde edilmesi** iki frekansın,  $f_1$  ve  $f_2$ 'nin uygun cihazda karışmasıyla gerçekleşebilir. Frekansların sentezi için bu en eski ve en uygun yöntemdir. Bir sabit  $f_1$  frekanstan, ve bir değişken  $f_2$  frekanstan yeni frekanslar elde ediliyor. Diğerleri arasında,  $f_1+f_2$  ve  $f_1-f_2$  frekansları da elde ediliyor (Res.6-17).

Kararlı, kristal salıncaç, örneğin 9MHz'lik frekans üretiyor. İki YFS salıncaç 5 ile 5,5MHz arası kapsamında titreşiyor. Bu kapsamdan herhangi bir frekans seçebiliriz ve kararlı kaynaktan frekansın da geldiği karıştırma derecesine götürüyoruz. Karıştırma sırasında elde ettiğimiz ürünlerden, filtrelerle istenilen frekanslı sinyali ayırıyoruz. Bu şekil daha basit süperheterodin alıcılarda kullanılıyor (FDD).



Res. 6-17. Karıştırma ile frekansların sentezi

Dijital tümleşik kurgularla frekansların sentezi PLL olarak adlandırılan devrelerle inceleyeceğiz. Bu kısaltma İngilizce dilinden alınmıştır ve bu sentezin bir şekilde çalışma şeklini açıklayan anlamı var – “Phase, Locked, Loop” ya da faz kilitli döngü. PLL-devre ile dolaylı sentezin blok modeli Res.6-18’de verilmiştir.



Res. 6-18. PLL-döngüsüyle dolaylı sentezin blok-modeli

Tüm diğer frekans sentezleyicilerde olduğu gibi, bunda da,  $f_r$  frekansı ile titreşen sabit referans kuvars salıngacı var. Salıngaçtan gerilim faz karşılaştırıcıya gidiyor. Bu gerilim karşılaştırıcıda, titreşme frekansı  $f$  olan ve kontrol girişindeki tek yönlü elektrik gücüne bağlı olarak değişen frekanslı gerilim kontrollü salıngaçtaki (GKS) gerilimle karşılaştırılıyor. Değişken kapasitör yerine varikap-diyodu içeren salıngaç, diyottaki gerilime bağlı olarak titreşerek kapasitesi değişiyor.

Bu salıngaç gerilimle kontrol ediliyor. Frekansın kararlılığı varikap-diyoduna gelen gerilimin sabitliğine bağlıdır.

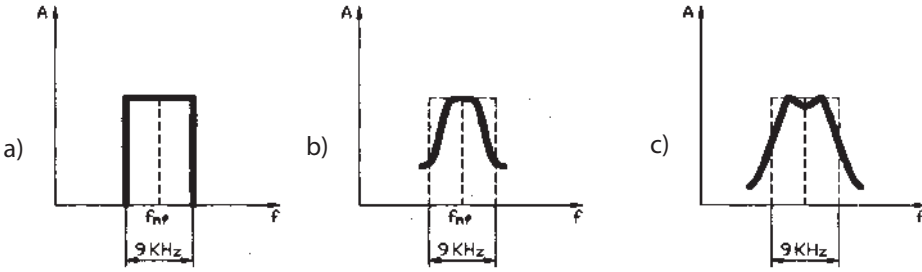
Faz karşılaştırıcı frekans algılayıcı olarak gerçekleşiyor yada bu amaçla “VE” devresi kullanılabilir. Karşılama, giriş sinyallerin frekanslarını, yani fazlarını karşılaştırıyor. Eğer  $f_{ref} = f_s$  ise, o zaman giriş sinyallerin faz farkı  $\varphi_{ref} - \varphi_s = 180^\circ$  olacak. Böylece faz karşılaştırıcıdan çıkış gerilimi  $u_1$  sıfıra eşit olacak. Bu gerilim varikap-diyodun çalışmasını değiştirmeyecek, onunla beraber GKS'nin titreşimleri de değişmeyecek.

GKS'nin frekansı herhangi bir nedenden  $f_{ref}$  ile aynı değilse, örneğin  $f_{ref} > f_s$  ise, o zaman faz farkı  $180^\circ$  'den daha büyük olacak,  $\varphi_{ref} - \varphi_s > 180^\circ$ , ve karşılaştırıcıdaki gerilim sıfırdan büyük olacak. Bu gerilim GKS'ye etkiliyor ve bu durumda GKS daha yüksek  $f_r$  frekansla,  $f_{ref}$  frekansına eşit olana kadar titreşiyor. Eğer GKS'nin frekansı yükselirse, o zaman faz farkı  $180^\circ$  'den küçük olacak,  $\varphi_{ref} - \varphi_s < 180^\circ$ , ve  $u_1$  negatif olacak. Böylece salıngacın frekansı  $f_{ref}$  'e eşit olana kadar azalacak. Bu şekilde frekansın düzeltilmesi yapılıyor.

Frekansları bölme devresiyle, GKS'den frekansın bölüldüğü büyüklüğünü tanımlayan  $n$  sayısı seçilebilir. Karşılaştırıcıda, kararlı referans salıngaçından ve önceden frekans bölücüsünde  $n$  ile bölünmüş GKS'in frekansları kıyaslanıyor. GKS'nin frekansı değişmeye başlarsa, o zaman karşılaştırıcının gerilimi de değişecek, geri etkiden dolayı ise GKS'nin frekansı da değişecek. Başka bir frekans gerekirse, o zaman  $n$  sayısı için başka bir değer seçilecek. Böylece bölme faktörü değişecek ve onunla beraber sentezlenen frekans da değişecek. Bu şekilde isteğe göre frekans seçiliyor ve sabitleştirilebiliyor.

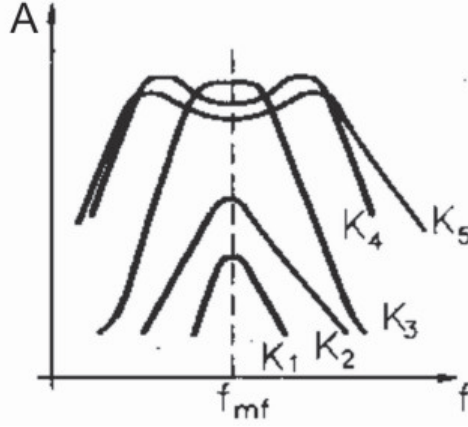
## 6.7. ARA FREKANS KUVVETLENDİRİCİ DERECE (AFK)

Bu derece alıcının çok önemli derecesidir, çünkü bu derecede FDD'den *gelen sinyallerin seçilmesi ve kuvvetlendirilmesi gerçekleşiyor*. Bu şekilde AFK alıcının toplam seçiciliğine ve hassasiyetine büyük katkı sağlıyor. AFK, YF-seçici kuvvetlendiricidir ve onun rezonans (yankılama) frekansı alıcının yapıldığı sırasında ayarlanıyor ve kullanım esnasında artık değişmiyor. AFK'nin rolü, FDD'den gelen ve taşıyıcı frekansı  $f_{araf}$  olan modüle edilmiş sinyali eşit olarak kuvvetlendirmesidir. FDD'den gelen tüm diğer sinyaller edebildiği kadar bastırılmalıdır. AKF'nin AM-alıcılarında uygulanan geçirme kapsamı 9kHz'tir. Örneğin, eğer arafrekans 465kHz ise, o demek ki AKF, frekansları 460,5 ile 469,5kHz arasında olan sinyalleri kuvvetlendirecek. AM-alıcıları için AKF'nin ideal geçirme özelliği (Res.6-19-a)'da verilmiştir.



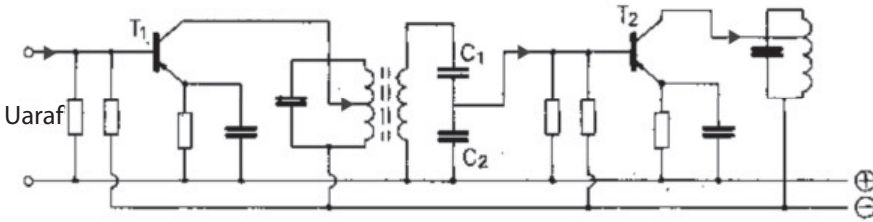
Res. 6-19. ARAF-kuvvetlendiricinin rezonans eğrileri

(Res.6-19-b)'de yük olarak bir salınlı devre'nin kullanıldığı kuvvetlendiricinin rezonans eğrisi gösterilmiştir, (Res.6-19-c)'de ise bağlanmış salınlı devrelerin kullandığı kuvvetlendiricinin rezonans eğrisi gösterilmiştir. Bağlanmış salınlı devrelerle olan örneğin çok daha iyi olduğu görünüyor, çünkü şekline göre rezonans eğrisi, ideal eğrisine en yakındır. AKF'nin seçicilik eğrisi, Res.6-21'de olduğu gibi, iki bağlanmış salınlı devre yerine fazla devreler kullanılırsa, ideal eğri şekline daha da yakın olacak. Bağlanmış devreler arasındaki bağlantı endüktif, kapasitif ya da karışık olabilir.



Res. 6-20. Rezonans eğrilerinin şekilleri

En sıkça kullanılan bağlantı endüktif bağlantıdır. Endüktif olarak bağlanmış  $L_1$  ve  $L_2$  sarımları *ara frekans transformatörleri (dönüştürücüleri)* olarak adlandırılıyor, bağlanmış salımlı devrelere ise *ara frekans filtreleri* denir. Ara frekans filtrenin geçirme eğrisinin şekli, devrelerin bağlantı büyüklüğüne bağlıdır. Bu eğrinin birkaç şekli Res.6-20'de gösterilmiştir. Ara frekans filtrelerinde **kritik bağlantı**  $K_3=1$  ve **kritiküstü bağlantı**  $K_4>1$  olarak adlandırılan bağlantı kullanılıyor. Küçük boyutlu transistörlü taşınabilir alıcılarda, bağlanmış salımlı devreler yerinde bir paralel salımlı devre kullanılıyor. Böyle ara frekans kuvvetlendirici Res.6-21'de gösterilmiştir.



Res. 6-21. Bağlanmış salımlı devreli ARAF-kuvvetlendiricisi

T2 transistörün temeli burada da salımlı devre ile doğrudan bağlı değil, hemen  $C_1$  ve  $C_2$ 'den oluşan kapasitif bölücü aracılığıyla salımlı devreyle bağlıdır.





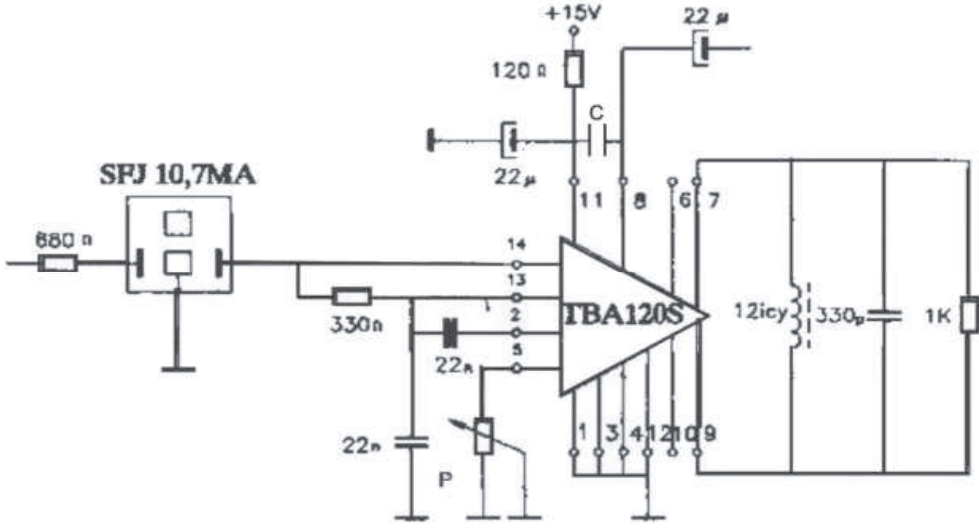
ve  $L_2$  sarımların arasındaki mesafenin artması ya da azalmasıyla gerçekleşen sarımların endüktansın değişimiyle ayarlanıyor. Basılmış plak vitroplastten yapıldır, tüm kapasitörler ise seramiktendir. Anten 20cm'lik tel parçasıdır.

### 6.9. AM/FM-ALICININ ARAF-KUVVETLENDİRİCİSİ

**Ara frekans kuvvetlendiricisi** alıcının çok önemli parçasıdır. Radyo yayın AM-alıcılarda, ara frekans en sıkça olarak (450÷460)MHz sınırlarındadır. Kesin olarak bir değerin tanımlanması yapıcılara bırakılmıştır. Ancak, 455kHz değerinin gittikçe fazla kullanıldığını söyleyebiliriz, ve bundan hareketle, bu değer standart değer olarak kabul edilecektir (FM-alıcılarda arafrekans için standart olan 10,7MHz değerinin olduğu gibi). Ayrıca, standart bir radyo yayın alıcısı, orta dalga alanı dışında, UKD-alana da sahiptir. Buna göre iki ayrı ARAF-kuvvetlendirici de içeriyor. Yine de, bu iki kuvvetlendirici birbirinden tamamen bağımsız kurgular değildir, onların kombinasyonudur. Çalışma noktalarını belirleyen diğer elemanlarla beraber aynı transistörler, hem AM-sinyallerin hem FM-sinyallerinin alınması sırasında kullanılıyor. Seçici filtreleri doğal olarak ayırır.

FM-alıcıların ARAF-kuvvetlendiricilerinde uygulanan tümleşik devrelerden *en tanınık* devre **TBA120** devresidir. Bu devrede büyük sıcaklık kararlılığı sağlayan diferensiyel (ayırıcı) bağlantısında ikişer transistörlü altıderecelik kuvvetlendirici, amplitüd sınırlayıcı ve algılayıcı bulunmaktadır. TBA120 tümleşik devreli ARAF-kuvvetlendiricinin elektrik modeli Res.6-23'te verilmiştir.

*Gereken seçicilik SFJ10,7MA seramik filtreyle gerçekleşiyor.* 7 ve 9 numaralı bağlantıları arasında, algılayıcın çalışması için gereken,  $90^\circ$  için faz kaymalı gerilimin elde edildiği salınımlı devre takılmış bulunuyor. Algılanan sinyal 8 numaralı bağlantıda elde ediliyor. Alıcı, bağlantılarda stereofonik verici için ayarlanmış olduğu durumda,  $M_{px}$  sinyali elde ediliyor. P potansiyometresi ile transistörlerden birinin temelinde tek yönlü gerilimin ayarlanması yapılıyor ve bu şekilde AF-sinyalinin şiddeti üzerine ayarlama gerçekleşiyor.



Res. 6-23. TBA120 tümleşik devrenin ARAF-kuvvetlendirici olarak kullanıldığı ve algılayıcı ARAF-kuvvetlendiricinin pratik gerçekleştirilmesi

(Res.6-22)'den UKD-birimini ve Res.6-23'teki ARAF-kuvvetlendiricinin bağlanmasıyla, komple bir monofonik UKD-alıcısı yapılabilir. Kod çözücüsü ve tümleşik devreli iki kanallı AF-kuvvetlendiricinin de eklenmesiyle, basit ancak komple bir stereofonik alıcının yapılması da mümkün olabilir.

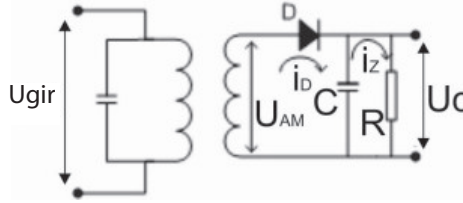
## 6.10. RADYO YAYIN ALICILARINDA ALGILAYICI

Verici tarafında sinyallerin modülasyonu gerçekleştiği gibi, alıcı tarafında da demodülasyonun gerçekleşmesi gereklidir. **Demodülasyon**, *modülasyon sürecinin tersidir, ya da modüle edilmiş sinyalden temel sinyalin (temel bilginin) ayrıldığı süreçtir.* İlk radyo yayın alıcıları, amplitüd demodülasyonu olarak adlandırılan demodülasyon şeklini kullanıyorlarmış. *AM-sinyallerin demodülasyonunu gerçekleştiren kurguya AM-algılayıcı denir.*

### AM-SİNYALLERİN ALGILAYICISI

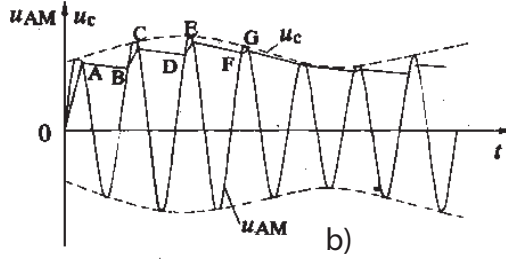
Her **AM-algılayıcı** şu parçalardan oluşuyor: *doğrusal olmayan eleman ve alçak frekanslar filtre-geçiricisi.* Doğrusal eleman olarak diyotlar yada

transistörler kullanılıyor. Diyot algılayıcılar sıralı ya da paralel diyotlu algılayıcılar olarak gerçekleştiriliyor. Transistörlü diyotlar *yayınlayıcı* yada *toplayıcı* algılayıcılar olarak gerçekleştiriyor. FET elemanlı algılayıcılar da var ve onlarda algılama süzülme devresinde yapılıyor.



Res. 6-24. Sıralı diyotlu algılayıcı

Radyo yayıncılığın en basit ve en sıkça kullanılan algılayıcı **sıralı diyotlu algılayıcıdır**. Bu algılayıcının elektrik modeli Res.6-24 gösterilmiştir.



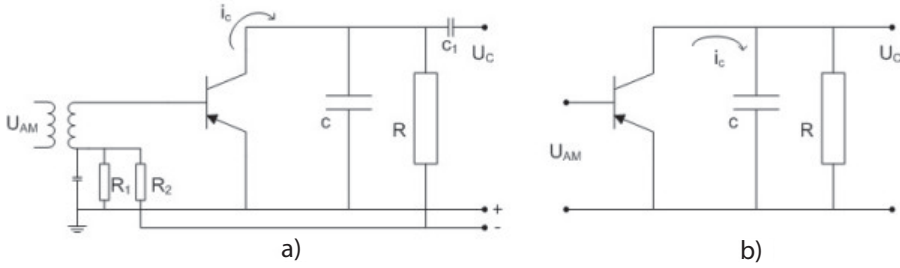
Res. 6-25. Sıralı diyotlu algılayıcı gerilimin zamanlama diyagramı:  
a) girişte; b) çıkışta

Çıkış sinyalinin oluşturulmasının analizini yapacağız. Alıcının açılması sırasında, kapasitör boştur ve onun kenarlarındaki gerilim sıfıra eşittir.  $u_{AM}$  gerilimi büyüyünce, diyottan  $i_D$  elektriği akıyor ve kapasitör doldurulmaya başlıyor. Kenarlarındaki gerilim OA eğrisine göre yükseliyor (Res.6-25-b).

Algılayıcılar transistörlerin yardımıyla da yapılabilir. *Toplayıcı algılayıcının elektrik modeli* Res. 6-26'da verilmiştir.

$R_1$  ve  $R_2$  rezistörlerin yardımıyla çalışma noktası,  $r_c$  toplayıcı devrede elektriği sadece  $u_{AM}$  giriş geriliminin negatif yarı periyodu sırasında akacak

şekilde ayarlanıyor. Bu elektrik vuru (dürtü) şeklinde akıyor. Bu vuruların amplitüdü modüle edilmiş gerilimin değişim ritmine göre değişiyor. Transistörlerden dolayı bu vurular kuvvetlenmiş oluyorlar. Toplayıcı algılayıcının KC-devresinde algılanan sinyal,  $r_c$  elektrliğini elde ediyoruz. Bu elektrığın tayfi elektrigim  $i_0$  tekyönlü bileşeninden, algılanan sinyalin kaplamısıyla aynı şekilde olan  $i_{AF}$  alçak frekanslı elektrikten ve çok sayıda YF-ceryanlarından oluşuyor. YF-ceryanlar için, C kapasitörü kısa bağ tanımlıyor ve ondan tabloya götürülüyor, yani kapasitörde gerilim oluşturmuyorlar. Tekyönlü ve AF-bileşenleri R rezistöründen akıyor, ve orada elde edilen AF-gerilimi,  $C_1$  bağlanmış kapasitör aracılığıyla AF-kuvvetlendiriciye gönderiliyor.



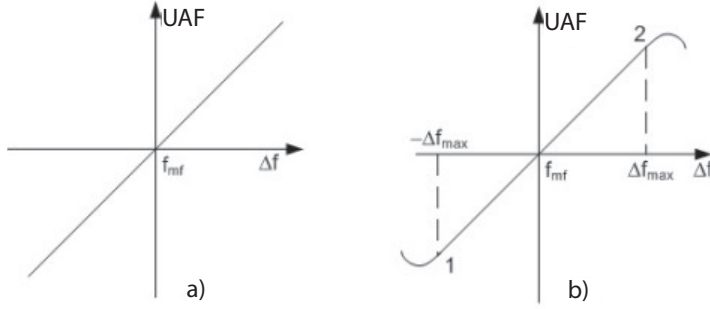
Res. 6-26. Toplayıcı algılayıcı: a) elektrik model;  
b) toplayıcı algılayıcının eşdeğer modeli

Toplayıcı algılayıcıların en önemli avantajı kuvvetlendirilmiş  $u_{AF}$  gerilimidir. Toplayıcı algılayıcılarda  $u_{AF}$ 'ın algılanması yanısıra transistörlerin yardımıyla kuvvetlendiriliyor. Bu tür algılayıcılarda, algılama sırasında meydana gelen dezavantajlar büyük biçim bozuklukları ve kuvvetlendirmenin ayarlama gereğidir.

### FM-SİNYALLER ALGILAYICISI

Frekans demodülatörü, *frekanslı modüle edilmiş sinyalden alçak frekanslı sinyal, yada bilgiyi ayıran kurgudur*. Çıkış gerilimi, giriş gerilimindeki frekansların değişimlerine bağlı olması gerekiyor. FM-algılayıcının ideal durumda geçirme özelliği doğrusaldır ve Res.6-27-a'da verilmiştir. Pratikte, eğri S harfinin şeklindedir ve S-eğrisi olarak adlandırılıyor (Res.6-27-b). Modülasyon olmayınca, taşıyıcı frekans sabittir ve bu frekans ara frekansıdır. Bu durumda çıkış gerilimi sifıra eşittir. Modüle edilmiş sinyal gelince, frekans değişiyor ve algılayıcının çıkışında, (Res.6-27-b)'deki özelliğin 1 ve

2 noktaları arasında doğrusal değişen AF-gerilim meydana geliyor. Ara frekanslı sinyallerden  $\pm\Delta f_{max}$  değerleri dışında, çıkış gerilimi artık frekansın doğrusal fonksiyonu değildir.



Res. 6-27. FM-algılayıcının geçirme özelliği

Radyo yayıncılıkta kullanılan çok sayıda farklı FM-demodülatörleri vardır. Kullanılan en eski demodülatör **Fostersili algılayıcısıdır**. Bu algılayıcı önce elektronik borularla-lambalarla gerçekleştirilmiş, ilerleyen yıllarda diyotlarla da yapılmış. Ondan en sıkça kullanılan algılayıcı olan radyo algılayıcı gelişmiş. Günümüzde algılayıcılar, çakışma (koinsidens) algılayıcılar ve PLL-algılayıcılarda olduğu gibi tümleşik teknikte yapılıyorlar



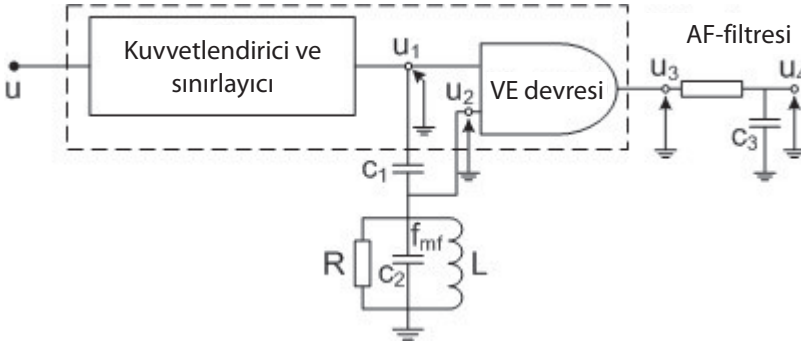
Res.6-28. FM-demodülatör blok modeli

Tüm algılayıcılarda, algılama-amplitüd modülasyonu gerçekleştirilmeden önce, FM sinyallerini AM-sinyallerine dönüştürmek gerekiyor. Bu dönüştürmenin ilkeli blok-modeli Res.6-28'de gösterilmiştir. Düzenli dönüştürmenin gerçekleşmesi için, FM-sinyalinin sabit olması gerektiğini not etmeliyiz. Bu yüzden, bu kurgularda amplitüdlere sınırlanması için *limiter (sınırlayıcı)* olarak bilinen devre vardır. Sınırlayıcıyla belirli bir gerilim kapsamında amplitüdlere sınırlanması yapılıyor.

### Çakışmalı algılayıcılar

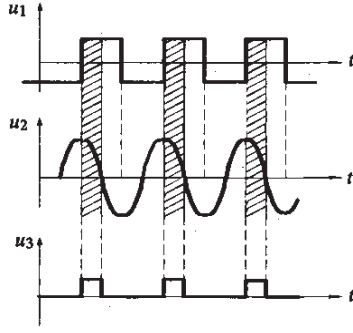
İlk FM-radyo yayın alıcı modelleri arasında, yapılarında elektronik bo-ruları olan ve “çakışma” örtüşme prensibine göre çalışan algılayıcılar kulla-nılıyormuş. Günümüzde çakışma prensibiyle çalışan demodülatörler, tüm-leşik teknolojiyle gerçekleşiyorlar. Bu tümleşik devrelere farklı radyo alıcı-lar türlerinde, hatta TV-alıcıların ses kanallarında rastlanabilir.

Res.6-29’da “VE” devreli **çakışmalı demodülatörün** blok-modeli ve-rilmiştir. Frekanslı modüle edilmiş sinyal çokdereceli kuvvetlendiriciye gön-deriliyor, ondan sonra ise amplitüd sınırlama devresine getiriliyor. Çıkışta Res.6-30’da olduğu gibi dikdörtgenli vurular –  $u_1$  sinyali elde ediliyor. Modüle edilmiş sinyal olmayınca, vuruların meydana gelme frekansı 10,7MHz’tir.



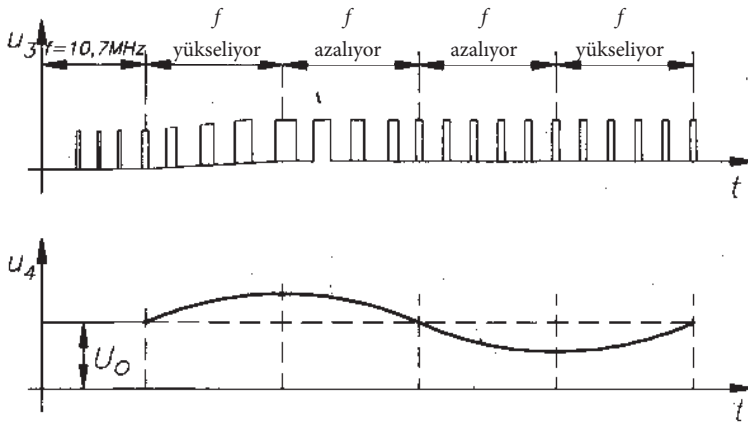
Res. 6-29. Çakışmalı demodülatör

$u_1$  gerilimi VE-devresine giriyor, aynı zamanda ise gerilimin etkisi al-tında  $C_1$  kapasitörün sıralı bağlantısından ve rezonans frekansı  $f_{araf}$ , arafre-kansla eşit olan salınımlı devreden elektrik akıyor. Bu elektrik  $u_1$  gerilim-le aynı şekildedir. Onun ilk harmoniği için, salınımlı devre ( $R$ ) rezistör gibi davranıyor ve bu şekilde devrede  $u_2$  gerilimi elde ediliyor. Bu gerilim, reaktansı  $R$ 'den çok daha düşük olan  $C_1$ 'in etkisinden dolayı,  $u_1$ 'e göre  $90^\circ$  için faz olarak değişiktir.  $u_1$  ve  $u_2$  gerilimleri VE-devresine götürülüyor. Bu devrenin çıkışında, sadece  $u_1$  ve  $u_2$  pozitif oldukları zaman, yani sadece giriş gerilmi-lerin çakıştığı zaman pozitif gerilim olacak. Giriş sinyali modüle edilmemiş olduğu sürede, VE-devrenin çıkışındaki  $u_3$  gerilimin, Res.6-30 verilmiş ol-duğu şekli vardır. Bu sinyal, dikdörtgen şekilli vuruları, sabit amplitüdü ve genişliği olan ve 10,7MHz tekrarlama frekansı olan sinyaldir.



Res. 6-30. Çakışmalı algılayıcında gerilimler

Modüle edilmiş sinyaller geldiği süresinde, sinyallerin frekansı,  $f_{araf}$  frekansından daha büyük yada daha düşük değer ( $\pm\Delta f$ ) için farklıdır. Bu arada, faz farkı da  $90^\circ$  kalmıyor, hemen değişikliklerin ritmiyle değişiyor. Daha düşük  $f_{araf}$  frekanslar için faz farkı daha büyük oluyor, daha yüksek frekanslar için ise faz farkı azalıyor. Bu yüzden, faz farkına bağlı olarak, demodülatörden çıkış vuruları daha geniş ya da daha dar olacak. Bu arada, VE-devresinden çıktındaki vuruların genişliği de değişiyor ve  $u_3$  geriliminin, Res.6-31'de olduğu gibi şekli var.



Res. 6-31. Çakışmalı algılayıcıda çıkış gerilimleri

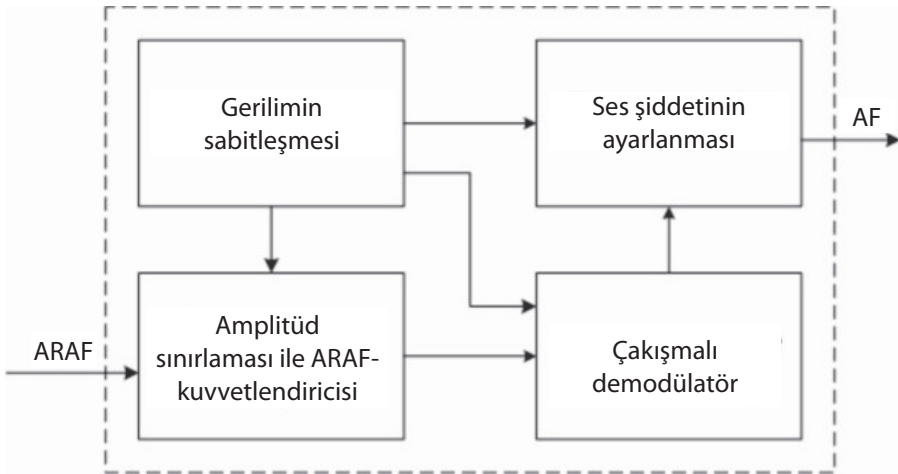
Res.6-31'den, giriş FM-sinyalin frekansı yükselince ( $f_{araf} + \Delta f$ ), daha büyük genişliği olan vuruların elde edildiğini, frekansın azaldığı zaman ise

$(f_{araf} - \Delta f)$ , vuruların da daha dar olduğu görünüyor (daha kısa sürüyorlar), ve buna göre  $u_1$  ve  $u_2$  gerilimlerin daha kısa çakışma zamanları var.

Alçak frekanslar filtre-geçiricisi olan RC-devresinden, sadece  $U_0$  tek yönlü bileşeni ve  $(u_{AF})$  alçakfrekanslı sinyal geçiyor ve buna göre demodülatörün çıkışında alçak frekanslı bilgi şekline sinyal elde ediliyor. Bu sinyal  $u_4$  gerilimidir ve (Res.6-31)'de tanımlanmıştır.  $U_0$  tek yönlü bileşeni, bağlanmış kapasitör yardımıyla, dışlanıyor ve sıradaki dereceye gönderilmiyor. Sıradaki dereceye (AF-kuvvetlendiriciye) sadece algılanan  $u_{AF}$  gerilimi gidiyor.

Çakışmalı demodülatörler günümüzde tamamiyle tümleşik devrelerde yerleşiktir. Böyle demodülatör ile, FM-radyo yayın devrelerinde günümüzde en sıkça kullanılan tümleşik devre, TBA-120S *tümleşik devresidir*. Bu devrede aynı zamanda ARAF-kuvvetlendirici, amplitüd sınırlayıcı, FM-sinyallerin çakışmalı demodülatör, besleme dengeleyicisi ve ses şiddet ayarlayıcısı da vardır. Bu tümleşik devrenin blok modeli, farklı fonksiyonel bloklar arasındaki bağlara beraber Res.6-32'de gösterilmiştir.

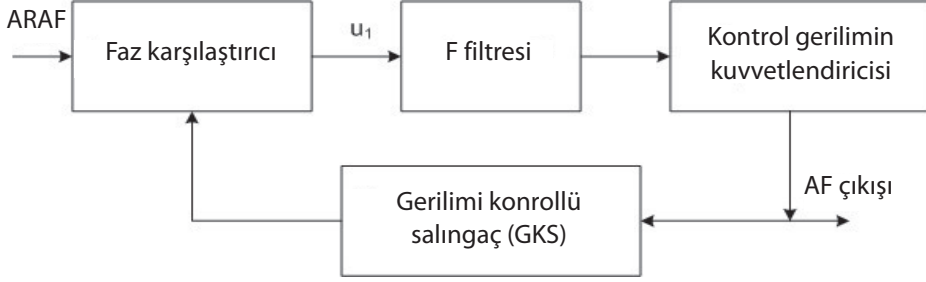
Tümleşik devreye ARAF-sinyal giriyor, demodüle edilmiş, ayarlanmış AF-sinyali ise elde ediliyor. Fazla işlev gören bu tümleşik devrenin ilkesel modeli ve sıradaki derecelerle elektrik bağlantılar, Res.6-23'te, ARAF-kuvvetlendiricileri hakkında bahsettiğimizde verilmiştir.



Res. 6-32. TBA-120 S'nin blok-modeli



**PLL algılayıcı** (PLL-Phase-Locked-Loop) *faz kilitli döngü demektir.* PLL-döngünün çalışma prensibi, frekansların sentez devrelerinde incelediğimiz prensiple aynıdır. PLL-algılayıcının blok-modeli Res.6-33'te verilmiştir.

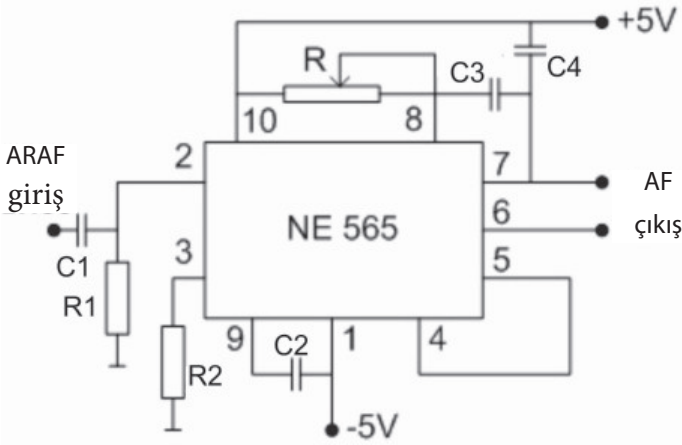


Res. 6-33.PLL-algılayıcının blok-modeli

PLL-algılayıcısı *faz karşılaştırıcı, F filtresi, kontrol gerilimin kuvvetlendiricisi ve gerilim kontrollü salıngaçtan (GKS) oluşuyor.* Faz karşılaştırıcında, ARAF-kuvvetlendirice gereken amplitüdü kazanan ARAF-sinyal giriyor. Aynı karşılaştırıcıda  $f_0$  değerinde belli bir frekansı olan GKS'tan gerilim de geliyor. Faz karşılaştırıcı onların frekanslarını karşılaştırıyor. Onların aynı oldukları ve aynı fazda oldukları sürece, karşılaştırıcının çıkışında sıfır gerilim elde ediyoruz. GKS yada ARAF-sinyalin frekansı gecikmeye başlarsa ya da onlardan biri öne çıkarsa, faz farkı yaratılacak. Bu faz farkı daha büyükse, faz karşılaştırıcı çıkışında daha büyük gerilim de meydana gelecek. Bu gerilim filtre aracılığıyla kuvvetlendiricide kuvvetlendiriliyor. Kuvvetlenen gerilim, GKS'in çalışmasını ayarlıyor. GKS kendi frekansıyla gecikirse salıngaçın frekansı yükseliyor, yada GKS ile öne çıkarsa frekansını azaltıyor.

Aynı olay, MF-sinyalin frekansı değişirse ortaya çıkıyor. Frekans modülasyonundan dolayı, sıkça  $f_{araf} \pm \Delta f$  sapma oluyor. Bu arada karşılaştırıcıda gerilim oluşuyor. Bu gerilim frekanslı modüle edilmiş sinyallerin değişikliklerini takip ediyor. Eğer  $f_{araf}$  yükselirse, o zaman çıkış gerilimi sıfırdan büyük olacak  $u_1 > 0$ ,  $f_{araf}$  azalırsa çıkış gerilimi sıfırdan küçük olacak. Buna göre, kontrol-ayarlama gerilimi de demodüle edilmiş AF-sinyalidir. Kuvvetlendikten sonra, radyo alıcının AF-kuvvetlendiricisine gönderiliyor.

PLL-algılayıcının blok-modeline bakarsak, gerçekleştirilmenin kompleksli olduğu izlenimi oluşuyor. Bu süreç ayrı elemanlarla gerçekleştirilirse izlenim doğrudur. Günümüzde bu demodülatör pratikte tümleşik devrelerle gerçekleştiriliyor. Böyle bir gerçekleştirme NE-565 tümleşik devreyle ve uygun ek parçalarla gerçekleştirilmesidir. Bu devre Res.6-34'te verilmiştir.



Res. 6-34. Tümleşik devreli PLL-demodülatör

Tümleşik devre faz demodülatörünün, kuvvetlendiricinin ve GKS'ın işlevlerini yerine getiriyor. GKS'ın frekansı,  $C_1$  kapasitöre ve R değişken rezistöre bağlıdır.  $C_2$  kapasitörü devrenin filtresel özelliklerini belirliyor. NE-565 tümleşik devre 500kHz arafrekansı için kullanılıyor.

Daha büyük frekansla için NE-561 devresi kullanılıyor. Bu devre 30MHz'e kadar frekansları izleyebilir.

## 6.11. ALICININ ALÇAK-FREKANSLI BÖLÜMÜ

Algılayıcının çıkışındaki AF-sinyalin gücü çok küçüktür, hoparlörlerin etkinleştirilmesi için gereken güçten çok daha düşüktür. *Alıcının AF-bölümünün temel rolü, Çıkış gücünü, hoparlörlerin uyarımı için gereken seviyeye kadar kuvvetlendirmektir. Bu güç alıcının türünden ve amacına bağlıdır ve birkaç onluk mW'tan yüzlerce W'a kadar değişebilir.* Bunun dışında, AF-bölümünde ses şiddetinin, ses renginin ayarlanması ve başka işlemler gerçekleşiyor.

Yapısal bakış açısından, radyo alıcının AF-bölümü, her AF-kuvvetlendiricide olduğu gibi, iki bölüme ayrılıyor: rolü algılayıcıdan (yada gramofon başından, mikrofondan vb.) küçük sinyali çıkış derecesinin uyarımı için gereken seviyeye kuvvetlendirmek olduğu *AF-gerilim kuvvetlendiricisi* ve rolü hoparlörde gereken çıkış gücünü oluşturmak olduğu *çıkış derecesi*.

Kuvvetlendirilen AF-sinyalin elde edildiği devrenin türüne ve sıradaki dereceyle bağlantı türüne göre, gerilim kuvvetlendiricileri şöyle ayrılıyor: KC-kuvvetlendiriciler, doğrudan bağlantılı kuvvetlendiriciler ve transformör (endüktif) bağlantılı kuvvetlendiriciler.

Alıcının AF-bölümünün temel özellikleri şunlardır: *kuvvetlendirme, en yüksek (maksimum) çıkış gücü, geçirme kapsamı, dinamik, yararlı etki katsayısı, doğrusal olmayan ve doğrusal biçim bozuklukları*.

Kuvvetlendirme *çıkış ve giriş büyüklüklerinin ilişkisidir, ve buna göre gerilimin, elektrik kuvvetin ve gücün kuvvetlendirmeleri ayırıyoruz*. Bu büyüklükler cihazdan cihaza farklıdır, ve bunları radyo yayın alıcılar için tipik bir örnekle gözetleyeceğiz. 0,4V giriş gerilimi sırasında, 4Ω dirençli hoparlörde 1W'lık güç gelişsin. Eğer AF-kuvvetlendiricinin giriş direnci 10kΩ'a eşit olursa, o zaman giriş elektriği 0,04mA, giriş gücü 0,016mW, çıkış elektrik gücü 0,5A ve çıkış gücü 2V olacak. Buna göre gerilimin kuvvetlendirilmesi 14dB, elektrik gücünün kuvvetlendirilmesi 82dB, gücün kuvvetlendirilmesi ise 48dB olacak.

En yüksek çıkış gücü, *biçim bozukluğu verilen bir değeri aşmadan, hoparlörde elde edilen en yüksek güçtür*. Alıcıya bağlı olarak, bu güç birkaç milivat'tan birçok onluk vata kadar değişebilir.

AF-kuvvetlendiricinin geçirme kapsamı, en yüksek kuvvetlendirme için verilen bir değerden daha küçük olmayan kuvvetlendirme kuvvetlendiricisinin frekans kapsamıdır. Kuvvetlendirme en yüksek orta frekanslar, yaklaşık 1kHz alanındadır, verilen değer ise genelde en yüksek kuvvetlendirmenin yaklaşık 70%'tir (bu değer farklı da olabilir). Demek ki, geçirme kapsamı, orta frekansların kuvvetlendirmesine göre kuvvetlendirmenin azalması 3dB'den daha az olmadığı frekanslar kapsamıdır. Geçime kapsamının sınır frekansları (üst ve alt) kuvvetlendirmenin en yüksek kuvvetlendirmeden 3dB için daha az olduğu frekanslardır.

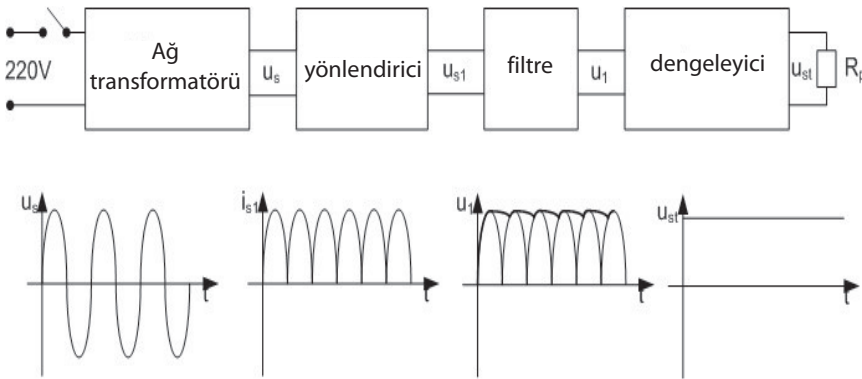
## 6.12. ALICININ AĞ DERESESİNDEKİ KURGULAR

Alıcıdaki ağ derecesi (aşaması) elektrikli devrelerin elektrikle beslemesi için kullanılıyor. Ağ derecesiyle, uygun tek yönlü gerilim sağlanıyor. Taşınabilir cihazların elektrikle beslenemleri farklı pil ve akümülatör türleriyle gerçekleşiyor. Sabit cihazlar olarak adlandırılan daha büyük cihazlar elektrik şebekesinden besleniyorlar. Elektrik besleme kaynağının blok-modeli Res.6-35'te tanımlanmıştır.

Her ağ derecesi şu parçalardan oluşuyor: *ağ transformatörü (dönüştürücü), yönlendirici, filtre ve gerilim sabitleyici.*

**Ağ transformatörü** elektrik şebekesinden (220V/50Hz) gerilimi daha düşük gereken değere azaltıyor. Bu değer cihazın yapısal parametrelerine bağlıdır.

Bu gerilim, ondan sonra yönlendirici yardımıyla yönlendiriliyor. Yönlendirici bir, iki ya da dört diyottan oluşabilir. İki diyotlu yapılar daha seyrek kullanılıyor, çünkü bu tür transformatörün ikincil devresinde orta ayıklama olması gerekiyor. Bir diyotlu çözüm daha da seyrek uygulanıyor, çünkü bu durumda filtreleme çok zorlaşmıştır. Pratikte en sıkça dört diyottan yapılmış yönlendiricilere rastlanıyor. Res.6-35'te verilmiş olan yönlendiricinin çıkışındaki elektriğin zamanlama diyagramı, yönlendiricinin dört diyotlu çözümüne aittir ( $i_{sl} - t$ ).

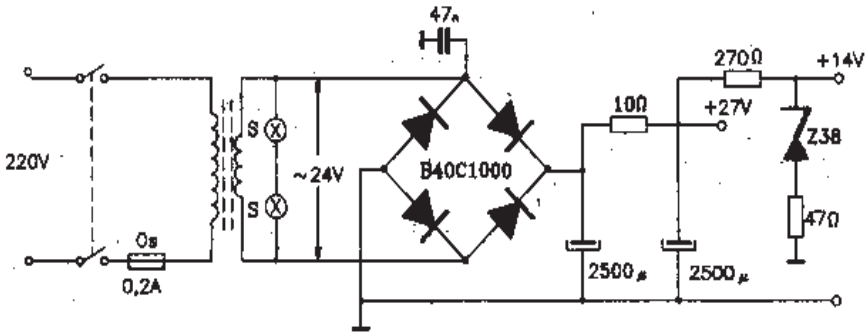


Res. 6-35. Elektrik besleme kaynağının blok-modeli

**Filtrenin rolü**, dengeleyiciye yönlendiriciden sinyalin sadece tek yönlü bileşenini geçirmektir. Bu gerilimin zamanlama diyagramı şu bağılıkla verilmiştir ( $u_p$ ,  $t'$ 'ye bağlıdır).

Bu tek yönlü gerilim tatmin edici ölçüde kararlı (denge) değildir. Böyle gerilim cihazların elektrik kaynaklarına doğrudan getirilirse, onların çalışması sırasında belli bir hisli duyulacak. Bunu önlemek için, elektrik besleme kaynağının son derecesinde dengeleyici kullanılıyor.

**Dengeleyicinin** rolü, giriş ağ gerilimin ya da harcıyıcının elektrik gücünün değişikliklerinden bağımsız olarak, harcıyıcıya değişmeyen, sabit çıkış gerilimi ( $u_{st}$ ) sağlamaktan oluşuyor. Bu durum, harcıyıcının daha yüksek miktarda elektrik gücü çekebildiğinden kaynaklanıyor. Sonuç olarak  $u_{st}$  gerilimi azalıyor. Dengeleyici bunun meydana gelmesini engelliyor. Buna göre dengeleyicinin çıkışında sabit tekyönlü gerilim elde ediliyor.



Res. 6-36. Büyük çıkış güçlü alıcının ağ bölümü

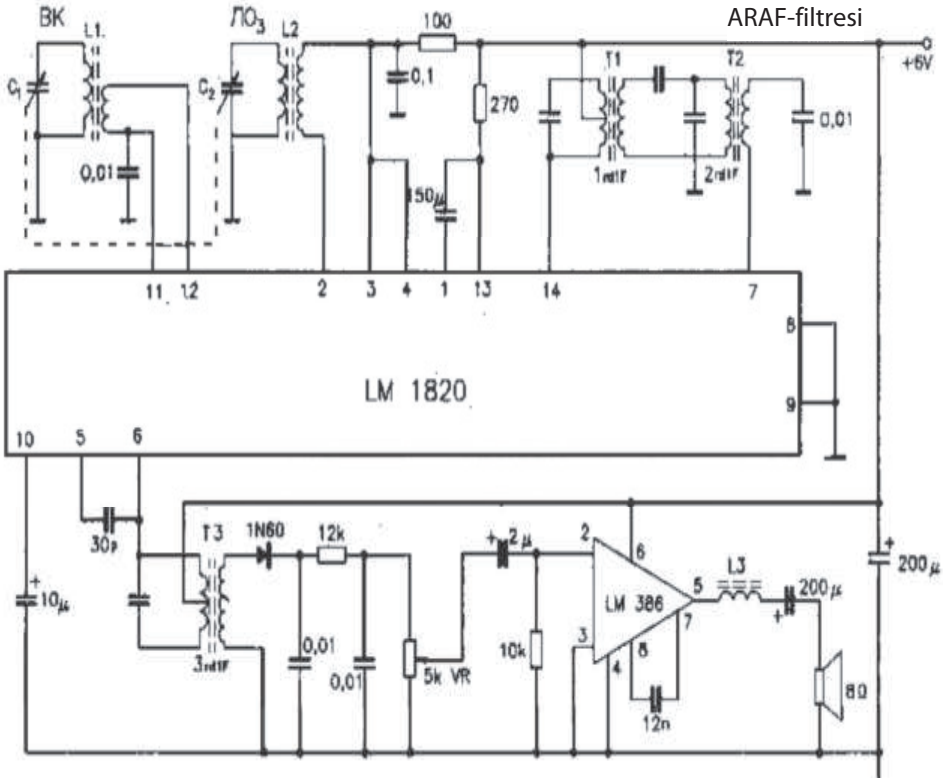
Harcamaları birkaç amper olan büyük güçlü alıcılarda (Res.6-36), tekyönlü gerilim sadece çok yüksek kapasiteli kapasitörlerle dengeleniyor. Bu şekilde elde edilen çıkış gerilimi iyi şekilde dengelenmiyor, ancak kabul edicidir, çünkü radyo alıcının alçak frekanslı bölümünün normal çalışmasına etkilemiyor. Bu cihazlarda, çok daha küçük harcıyıcı olan diğer dereceler için tekyönlü gerilim ayırdan dengeleniyor. Bu durumda, dengeleme Zener diyoduyla gerçekleşiyor ve sonuç olarak 14V'luk dengelenmiş gerilim elde ediliyor.

### 6.13. RADYO ALICININ ELEKTRİK MODELİ

Günümüzde hemen tüm radyo yayın alıcıları, kendi yapılarında fazla işlev gerçekleştiren bir ya da fazla tünleşik devreleri var.

İki tünleşik devreyle gerçekleştirilmiş, orta dalga alanı için bir AM-alıcı tipi Res.6-37'de verilmiştir.

LM 1820 tünleşik devresi YF-derecelerin işlevini gerçekleştiriyor, LM 386 devresi ise AF-derecelerin işlevini gerçekleştiriyor.



Res. 6-37. İki tünleşik devreli alıcının elektrik şeması

UKD- alanında FM-sinyalleri alan alıcılar, günümüzde genelde stereo iletimlidir ve tünleşik teknikle yapılırlar, ancak onlar için daha detaylı ders kitabının sıradaki başlığında bahsedeceğiz.

## 6 ÖZET

- ❖ Çalışma presibine göre, radyo alıcılar direkt alıcılara (dolaysız doğru-  
dan kuvvetlendirmeli alıcılar) ve süper heterodin alıcılara (dolaylı kuv-  
vetlendirmeli alıcılar) ayrılıyor. Alım alanına göre radyo alıcılar şöy-  
le ayrılıyor: uzun dalgalılar (UD), orta dalgalılar (OD), kısa dalgalı-  
lar (KD) ve ultra kısa dalgalılar (UKD). Modülasyon şekline göre ise  
AM-alıcılara ve Fm-alıcılara ayrılıyorlar;
- ❖ Süperheterodin radyo yayın alıcıların, iki ayrı bütünden, karıştırıcı ve  
yerel salıngaçtan oluşan frekans değişim dereceleri vardır. Süperhete-  
rodin alıcılarda, istasyondan sinyal  $f_{araf}$  arafrekansının daha alçak fre-  
kans alanına taşınıyor. AM-alıcıda, karıştırıcının çıkışında arafrekans  
 $f_{araf}=455\text{kHz}$  değerine eşittir, FM-alıcılar için ise  $f_{araf}=10,7\text{MHz}$ ;
- ❖ Radyo alıcının şu özellikleri vardır: hassasiyet, seçicilik, çıkış gücü, ses  
üretme sadakatı ve alım alanları;
- ❖ Giriş devresi, dinleyicinin duymak istediği program istasyondan sin-  
yalini ayırıyor ve  $f_{araf}$  frekansına yakın olan tüm frekansların sinyalleri-  
ni bastırıyor. Giriş devresi genelde, dinleyicinin almak istediği istasyo-  
nun taşıyıcı frekansına ayarlanabilecek frekansı olan paralel salınımlı  
devredir;
- ❖ YF-kuvvetlendirici, farklı frekanslı (farklı isasyonlardan) tüm sinyal-  
lerden, alıcının ayarlanmış istasyondan sinyallerin tayfını kuvvetlendi-  
ren ve tüm diğer sinyalleri bastıran seçici gerilim kuvvetlendiricisidir;
- ❖ Büyük sayıda farklı frekanslar olunca yada daha basit çalışmak için,  
frekansların senteziyle alıcıda frekansların kararlığı elde ediliyor. Dijiti-  
tal tümleşik kurgular PLL (Phase Locked Loop) ya da faz kilitli döngü-  
lerle frekansların sentezi;
- ❖ Ara frekans derecesinde FDD'den gelen sinyallerin seçiciliği ve kuvvet-  
lendirilmesi gerçekleşiyor;
- ❖ Radyo alıcıda AF-bölümünün rolü, hoparlörlerin uyarımı için, gücün  
birkaç onluk mW'tan yüze yakın W'lık değerine kadara kuvvetlendir-

menin gerçekleştirilmesidir. Onunla renk şiddetinin ve renginin ayarlanması yapıyor;

- ❖ Alıcıda ağ derecesi elektrik devrelerin elektrikle beslenmeleri için kullanılıyor. Ağ düzeltici elektrik şebekeden gerilimi (220V/50Hz) daha düşük gereken değere azaltıyor.

## SORULAR VE ÖDEVLER

1. Res.6-24'teki AM-algılayıcının çıkışında algılanan gerilim elde ediliyor mu?
2.  $u_{AM}$  modüle edilmiş müzik sinyali ise zamanlama diyagramı çizilsin. Bu diyagram kaç bileşenden oluşuyor?
3. Hangi elemanın yokluğunda hiçbir AM-algılayıcı çalışmaz?
4. Eğer  $RC \gg 1 / f_{YF}$  ise diyot algılayıcıda çıkış özelliğinin biçim bozuklukları çizilsin. Bu biçim bozuklukları nasıl adlandırılıyor?
5. Toplayıcı algılayıcının hangi avantajları vardır? Neden bu algılayıcı daha seyrek kullanılıyor?
6. FM-modülasyon devrelerinde sınırlayıcının rolü nedir?
7. Radyo algılayıcıda YF - balastlarda  $u_1$  gerilimi nasıl azalıyor?
8. Amplitüd engellerinin radyo algılayıcının çalışmasına etkilememesi hangi elemanlarla sağlanıyor?
9. Çakışmalı algılayıcının ve onun çıkış gerilimlerinin çalışmasını incele!
10. Alım ve diem faz devreleri arasında fark nedir?
11. Alım faz ve diem faz devrelerinin kullanımı genişdir. Radyo yayıncılık tekniğinin dışında bu devreler nerede kullanım görüyor ve neden kullanılıyor?
12. İki potansiyometre ile ses renginin ayarlanması sırasında geçirme eğrisini çiz ve incele!
13. Giriş gerilimi  $u_{gir}=0,8V$  ise ve  $C_3 = 300nF$ ;  $C_4 = 10nF$  ve  $R_4 = 60k\Omega$  ise, yüksek frekanslar için ses renginin ayarlama devresinden çıkış gerilimini belirle!
14. Alıcıda ağ derecesinin ne işlevi var? Ağ derecesi kendi işlevinin hangi elemanlarla gerçekleştiriyor?



**Aşağıdaki cümlelerin doğru olmaları için boş yerleri doldur!**

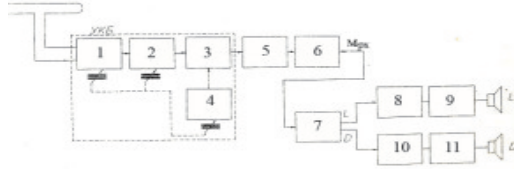
- FM-sinyalında arafrekans  $f_{araf} =$  \_\_\_\_\_ değerindedir.
- AM-sinyalında arafrekans  $f_{araf} =$  \_\_\_\_\_ değerindedir.
- Seçicilik, radyo alıcının farklı frekanslı büyük sayıda frekanslardan sadece yararlı olanları \_\_\_\_\_ yeteneğidir.
- Doğrusal olmayan biçim bozuklukları \_\_\_\_\_ özelliklerinin sonucudur.

**Hesapla ve çözümleri işaretlenmiş yerde yaz!**

- Alıcının giriş frekansı 828kHz ise, aşağıdaki değerler ne kadardır?
  - AM'de yerel salınma frekansı \_\_\_\_\_
  - simetrik frekansı  $f_{ss} =$  \_\_\_\_\_

**Verilen cümleyi doğru şekilde tamamla!**

- Aşağıdaki resimde \_\_\_\_\_ tanımlanmıştır.



Verilen bloklar neyi tanımlıyor?

2 \_\_\_\_\_ 6 \_\_\_\_\_

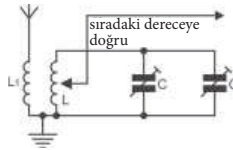
4 \_\_\_\_\_ 9 \_\_\_\_\_

Frekans açısından şunların arasındaki sinyal nasıldır?

1 ve 2 \_\_\_\_\_ 10 ve 11 \_\_\_\_\_

**Cümleyi doğru şekilde tamamla!**

- Resimde \_\_\_\_\_ ile giriş devresi gösterilmiştir



$C_s$  olduğunu \_\_\_\_\_  $L_1$  olduğunu \_\_\_\_\_

## 7. STEREOFONİK RADYO ALICILARI

**H**er iki kulağıyla işiterek, insan her sesin şiddetini, yüksekliğini, rengini ve sesin geldiği yönü belirleyebilir. Bu yön duyusu alansal olarak ses kaynağını belirliyor. Sesin bu şekilde duyulması ile stereofoninin gelişimi sağlanmıştır. **Stereofoni** terimi Yunanca *alan* anlamına gelen stereo ve *ses* anlamına gelen fon kelimelerinin kombinasyonundan geliyor.

Monofonik ses üretiminde iki veri iletiliyor: sinyalin amplitüdü ve frekansı. Stereofonik ses üretimi, kaynağın yerini belirleyecek üçüncü verinin de iletimini gerektiriyor. Bu gereksinim iki mikrofon ve kodlayıcının kullanımıyla yerine getiriliyor.

*Stereofonik sinyalin* elde edilmesi için birçok sistem kullanılıyor, en tanınanlar ise şunlardır: AB-sistemi, XY-sistemi, MS-sistemi ve kombine AB-XY sistemi.

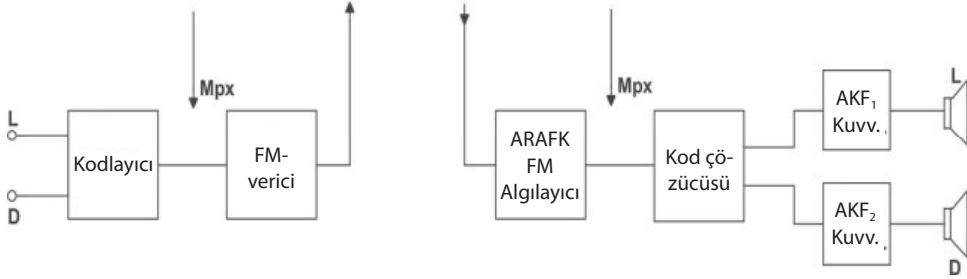
AB-sistemi aynı özellikli mikrofonlarla gerçekleşiyor, MS-sistemi ise farklı özellikleri olan mikrofonlarla gerçekleşiyor. Her iki sistemde alçak frekanslı olan iki sinyal var, aralarındaki fark ise birinci kodlayıcıda matrisin kullanımındır.

Kodlayıcı-kod çözücü aracılığıyla radyo ilişkinin bir kanalından iletilen ve uyumluluk koşulunu yerine getiren çoklu sinyal elde ediliyor. Stereo iletim durumunda, uyumluluk terimi şunu tanımlıyor:

- *Mevcut monofonik alıcılar tüm kaydedilen yayınları monofonik olarak oynatıyorlar;*
- *Stereofonik alıcısı tüm monoprogramları monofonik olarak oynatıyor, tüm stereoprogramları ise stereofonik olarak oynatıyor.*

İki mikrofonla, M1 ve M2 ile stereo iletiminde iki AF-sinyali elde ediliyor. Bu iki sinyal iki alçak frekanslı kuvvetlendiricide (AFK<sub>1</sub> ve AFK<sub>2</sub>) kuv-

vetlendiriliyor ve ondan sonra kodlayıcıya gönderiliyor. Kodlamadan sonra, kodlayıcının çıkışında bu iki AF-sinyalinden bir çoklu sinyal elde ediliyor. Bu sinyal ile alıcının taşıyıcı frekansına modülasyon gerçekleşiyor (Res.7-1). Stereo ses üretimi alıcısında, algılamadan sonra kod çözücünün kullanılması gerekiyor. Kod çözücüsü çoklu sinyalden iki AF-sinyali ayırıyor, bu sinyaller ise  $AFK_1$  ve  $AFK_2$ 'de kuvvetlendikten sonra iki hoparlör yardımıyla oynatılıyor (çalınıyor).



Res. 7-1. Stereofonik radyo yayın iletiminin blok-modeli

Stereo sinyalin radyo yayın iletim sistemleri iki gruba ayrılıyor:

- *uyumsuz* sistemler, aynı zamanda iki verici ve iki alıcı kullanılıyor, biri sol (L), diğeri ise sağ (R) - AF-sinyal
- *uyumlu* sistemler, bir (aynı) vericiden her iki sinyal iletiliyor (M-mono ve S-stereo).

Uyumlu sistemler, prensipte, şu kriterlere göre de ayrılabilir:

- UD, OD ve KD-alanında uygulanan amplitüd modülasyonu, ve
- UKD-alanında uygulanan frekans modülasyonu.

AM ve FM-alanları arasındaki fark kodlayıcı - kod çözücünün türüne ve kanal genişliğiyle ilgilidir, çünkü AM'de 4,5kHz'e sınırlıdır, FM'de ise 15kHz'e kadar AF-sinyaller kapsanmıştır.

Stereo yayın program iletimle deneyler İkinci Dünya Savaşından sonra başlamış ve o dönemde OD-alanında olduğu gibi UKD-alanında da değişimler için çok sayıda farklı sistemler önerilmiştir.

Önce UKD-alanı için çoklu stereosinyal standartlaştırılmıştır, ondan sonra OD-alanı da standartlaştırılmıştır, Amerika ve Batı Avrupada, UKD-alanının kutup modülasyonlu sistem kabul edilmiştir, OD-alanında ise kare modülasyonlu sistem uygulanıyor.

UKD-alanında baştan farklı sistemler uygulanıyormuş ve stereo sinyalin iletiminde yardımcı taşıyıcı farklı modüle ediliyormuş: Am, FM. Yardımcı frekansın seçimi kabul edilen sisteme ve modülasyon türüne (AM, FM) bağlıdır. UKD-alanında taşıyıcı frekansın frekanslı modüle edilmiş olduğundan, yardımcı taşıyıcının ise amplitüd, frekanslı, vurulu modüle edilmiş olmasından dolayı, bu sistemler için farklı kısaltmalar kabul edilmiştir (FM/FM, FM/AM).

ABD'nde Krozbi (FM/FM) adıyla bilinen sistem yardımıyla ilk stereo program iletimleri yapılmıştır (1961 yılına kadar). Krozbi sisteminde,  $f_s=50\text{kHz}$  değerinde olan taşıyıcı frekans, sinyal ile frekanslı modüle edilmiştir ve  $\pm 25\text{kHz}$  frekans sapması var. Sıradaki model İsveç sistemi adıyla biliniyor. Bu sistemde, verimde kompresör (sıkıştırıcı), alımda ise genişletici kullanılıyor. Taşıyıcı frekans, TV-sinyalin yatay salınacağı frekansından ( $f$ ) iki misli daha yüksektir,  $f_s=2\text{kHz}$  ve  $f_h=31,25\text{kHz}$  değerindedir. FM/FM-sistemin dezavantajı, mono (M) ve stereo (S) sinyalin arasında amplitüdüden dengesinin korunmasının zor olmasıdır. FM/FM-sistemin yerine, Mullard zamanında eşzamanlama için vurular ekleyerek, vurulu modülasyonu sistemini önermiş, ancak bu sistemde M ve S kanalları arasında büyük diyafoni (karışma) meydana geliyormuş.  $f$  frekansının amplitüd ile module edilmiş klasik FM/AM-sistemi de biçim bozukluklarının meydana gelmesinden dolayı kullanım görememiş.

$f_s$  taşıyıcı frekanslı ve taşıyıcısız amplitüd modülasyonunun kullanımı ile sistemler kendilerini en umut verici olarak göstermiş ve onlarda  $38\text{kHz}$  frekanslı taşıyıcının kullanıldığı pilot-ses (deneme-ses) olarak adlandırılan sistem ortaya çıkmış. Bu sistem öncelikle ABD'de standartlaştırılmıştır (FCC), daha sonra da EBU Avrupa kuruluşunda kabul edilmiştir (1963), Doğu Avrupada ise amplitüd modülasyonlu sistem standartlaştırılmıştır (1965).

Bizde uygulanan EBU standartının şu özellikleri vardır:

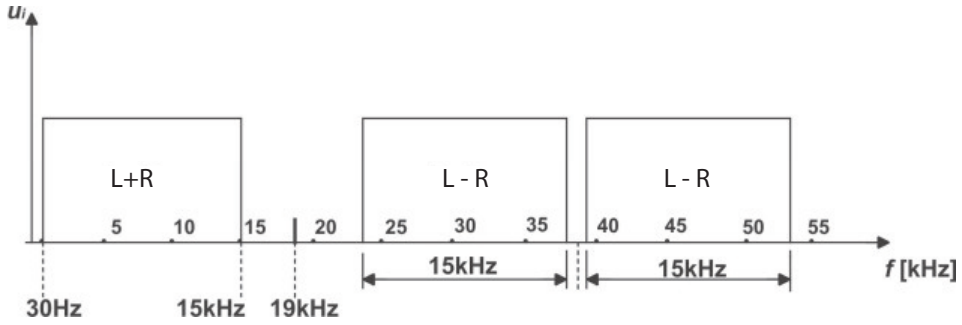
- Sinyallerin toplamı  $M=L+R$ ,  $30\text{Hz}$  ile  $15\text{kHz}$  arası kapsamı içeriyor  
75  $\mu\text{s}$  önvurgulaması var;

- Sinyallerin farkı  $S=L-R$ , aynı şekilde, 30Hz ile 15kHz arası kapsamı içeriyor ve 75  $\mu$ s'lik önvurgulaması var, ve bu  $f_s$  yardımcı taşıyıcı frekans ile modüle eden sinyal tanımlıyor;
- Yardımcı taşıyıcı frekans  $f_s$ ,  $f_t=19$ kHz değerinde olan deneme-sesin frekansından iki misli daha büyüktür. 38kHz'lik bu yardımcı frekans  $S=L-R$  sinyallerinin farkını modüleştiriyor ve taşıyıcı frekansız DSB amplitüd modülasyonunda uygulanıyor;
- Sinyallerin modüle edilmiş farkının (L-R) iki kenar kapsamı, deneme-sesi ve temel monosinyal (L+R), UKD-vericiden temel frekansına frekans modülasyonu gerçekleştiren çoklu stereo sinyal tanımlıyorlar;
- Bu iletim şeklinde, 300Hz altında ve 5kHz üstünde, sol ve sağ kanal arasındaki relatif diyafoni 30dB'den daha fazla, 300Hz ile 5kHz arası kapsamda 40dB'den daha fazla olmalıdır.

Çoklu modüle eden sinyalin (Mpx) frekans tayfı (Res.7-2) şu ifadeyle verilmiştir:

$$u_i = \frac{L + D}{2} + \frac{L - D}{2} \cdot \sin \omega_s t + k_s U \frac{\omega_s^2}{2} t, \dots \dots \dots (7-1)$$

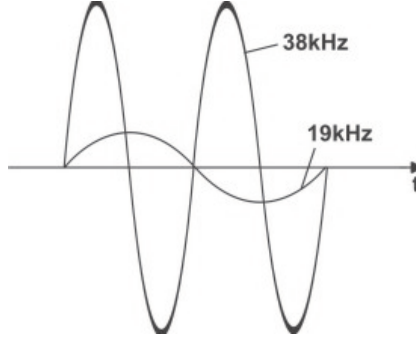
Yukarıdaki ifadede: L sol AF-sinyalıdır,  $k_s$  modülasyon sabitidir, R sağ AF-sinyalıdır,  $\omega_s=2\pi \cdot f_s$ ,  $f_s=38$ kHz – yardımcı taşıyıcıdır.



Res. 7-2. Çoklu sinyalin (Mpx) frekans tayfı

Deneme-sesin (19kHz) ve yardımcı taşıyıcının (38kHz) frekanslarının faz ilişkileri Res. 7-3'te verilmiştir.

Her iki sinyal, yardımcı taşıyıcının deneme-sesin frekansının sıfır değerinden geçtiği zaman, yardımcı taşıyıcının her ikinci periyodunda fazdadır.



Res.7-3. Deneme-sesin frekansının ( $f_t$ ) ve yardımcı taşıyıcının frekansının ( $f_s$ ) arasındaki fazların kıyaslanması

EBU-sisteminden farklı olarak, doğu Avrupa sisteminde taşıyıcı  $f_s$ , televizyonda yatay frekansından iki kat daha büyüktür,  $f_s = 2 \cdot f_t = 31,25\text{kHz}$  (amplitüd modülasyonunun uygulanmasıyla).

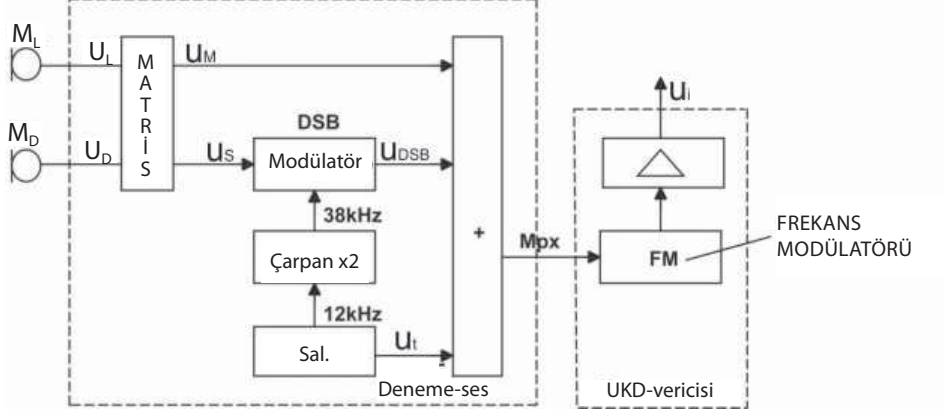
## 7.1. STEREOFONİK KODLAYICI – KOD ÇÖZÜCÜSÜ

Radyo yayın stereo iletiminde, pratikte, birkaç farklı kodlayıcı-kod çözücü sistemi kullanılıyor. Bunlardan en çok kullanılanlar: *matrisli* ve *kesici* (*anahtarlamalı*) sistemleridir.

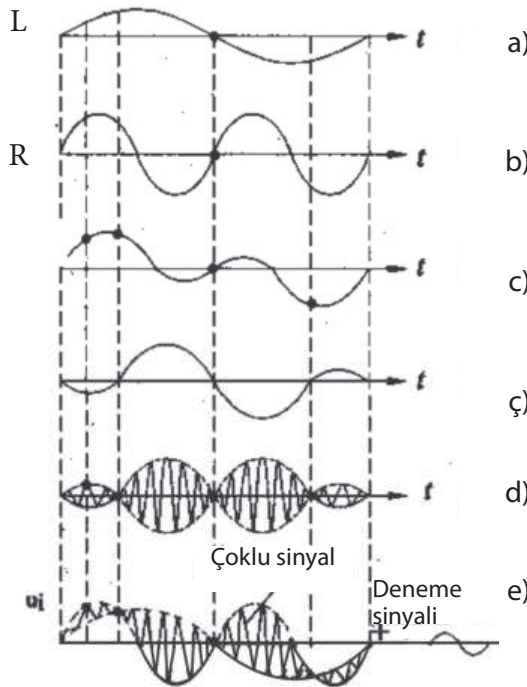
**Matrisli kodlayıcı-kod çözücü.** Bu sistem, sinyallerin toplamı ve farkın elde edilmesi matris yardımıyla gerçekleşiyor. İki mikrofon  $M_L$  ve  $M_R$  yardımıyla iki AF-sinyali elde ediliyor: sol ( $u_L$ ) ve sağ ( $u_R$ ). **MS-stereo kodlayıcının** blok-modeli Res.7-4'te verilmiştir.

Her iki sinyal,  $u_L$  ve  $u_R$ , matrise gönderiliyor ve matrisin çıkışında iki sinyal elde ediyoruz: Biri sinyallerin toplamı  $u_M = u_L + u_R$ , diğeri ise sinyallerin farkıdır  $u_M = u_L - u_R$ . Denemeli sistemlerde sinyallerin farkı 38kHz yardımcı frekansla ve taşıyıcısız amplitüd modülasyonla iletiliyor. 19kHz'li salıngaçtan modüle edilmemiş sinyal, frekans katlama devrelerine götürülüyor ve çıkışta 38kHz'li sinyal elde ediliyor. Bu sinyal, taşıyıcısız amplitüd-modülasyonlu sinyal  $u_{DSB}$  veren modülatörün taşıyıcısıdır. Toplama devresinde  $u_M$  ve  $u_{DSB}$

-taşıyıcısız amplitüd modüle edilmiş sinyal,  $u_s$  sinyali ve  $u_t$  deneme-sinyali giriyor. Toplayıcıdan sonra  $M_{px}(u_i)$  çoklu sinyal elde ediyoruz.



Res. 7-4. MS-stereo kodlayıcının blok-modeli

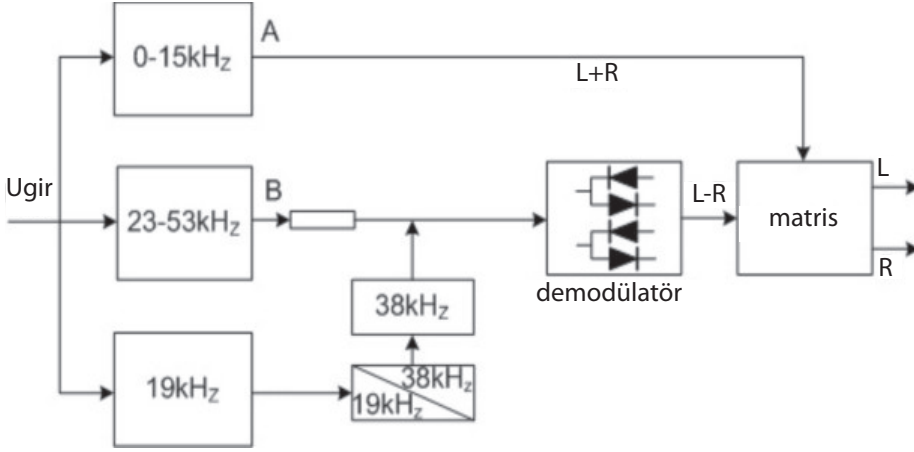


Res. 7-5. Çoklu stereosinyalin karşılaştırılması

Bu sinyal UKD-vericide frekanslı olarak modüle ediliyor. Matrisli MS-stereo kodlayıcının stereo iletim bileşenleri Res.7-5'te verilmiştir. (Res.7-

5-a ve b)'de mikrofonlardan AF-sinyallerin değişimleri verilmiştir.  $u_L$  sinyali  $f_L=1\text{kHz}$  ile,  $u_R$  sinyali ise  $f_R=2\text{kHz}$ 'lidir. (Res.7-6 c, ç)'de matristen sonra elde ettiğimiz  $u_M = L + R$  ve  $u_s = L-R$  sinyallerin grafikleri çizilmiştir.

(Res.7-5-d)'de  $u_{DSB}$  taşıyıcısız amplitude-modüle edilmiş sinyalin grafiği verilmiştir, (Res.7-5-e)'de ise  $u_i$  çoklu stereo sinyalin zamanlama grafiği çizilmiştir.  $u_i$  deneme-sinyali, vericide kodlayıcının ve alıcıda kod çözücünün çalışmasında eşzamanlama sağlıyor.



Res. 7-6. Matrisli kod çözücünün blok-modeli

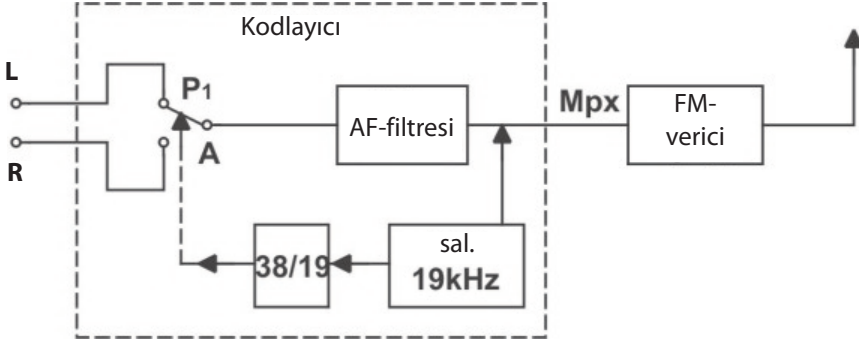
Stereofonik radyo alıcılarda, stereo kod çözücüsünde tüm dereceler mono radyo alıcıda olduğu gibi aynıdır. Fark FM-algılayıcıdan sonra oluşuyor. Matrisli bir kod çözücünün blok-modeli Res.7-6'da verilmiştir.

Frekanslı modüle edilmiş sinyallerin algılanması yapıldıktan sonra,  $M_{px}$  çoklu sinyal stereo kod çözücünün girişine götürülüyor. AF-filtrenin çıkışında (A noktası) sinyallerin  $L+R$  toplamı elde ediliyor.  $23\text{kHz}$  ile  $53\text{kHz}$  arası kapsamının filtre-geçirici çıkışında (B noktası)  $u_{DSB}$  sinyali elde ediliyor. Bu sinyal AM-sinyallerin demodülatöründe götürülüyor ve demodülasyondan sonra çıkışta sinyallerin farkı,  $L-R$  elde ediliyor. Sinyallerin toplamı ve farkı matrisin yardımıyla çıkışta AF-sinyal veriyorlar, sol  $L$  ve sağ  $R$ .

**Anahtarlamalı (kesicili) kodlayıcı-kod çözücü.** Bu sistem elektronik anahtarların (düğmelerin) yardımıyla elde ediliyor. Onların yardımıyla zaman çoklayıcısı oluşuyor. Bu sistemde de sinyaller  $M_L$  ve  $M_D$  iki mikrofon yardımıyla elde ediliyor. Bu sinyaller matris yerine  $P_1$  elektronik anahtara (düğmeye) götürülüyor. Anahtarın bir durumdan başka duruma geçiş ( $M_L$  ve



$M_D$ ) 38kHz frekanslı sinyalle gerçekleşiyor. Aynı böyle sinyal verici tarafında çalışmayı senkronize ediyor.

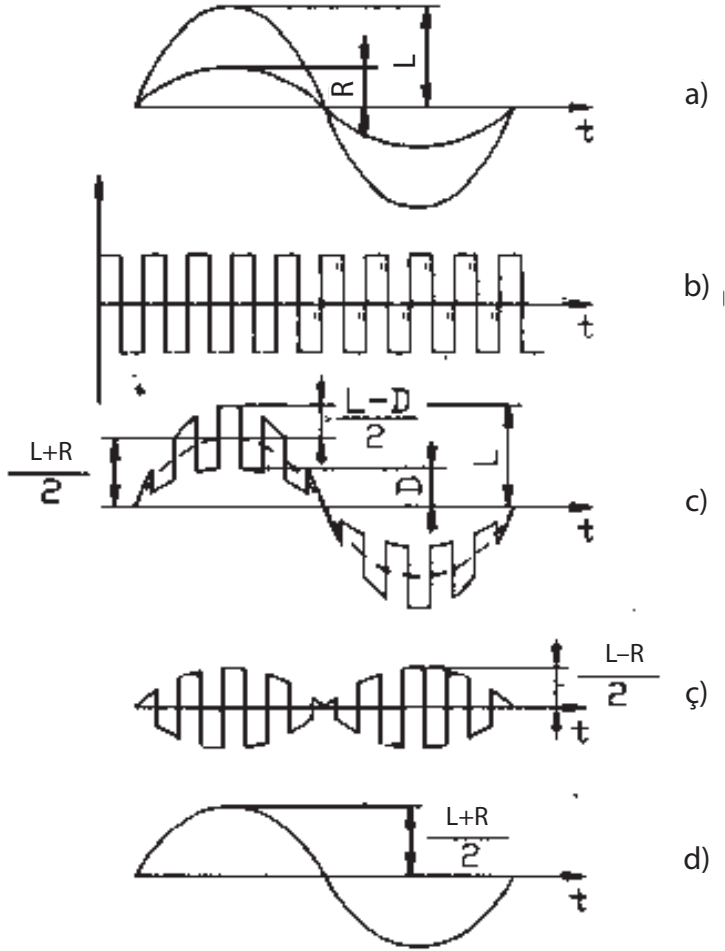


Res. 7-7. Anahtalamalı kodlayıcının blok-modeli

*Anahtarlama kodlayıcının basitleştirilmiş modeli* Res.7-7’de verilmiştir. Salingaçta oluşan 19kHz frekanslı sinyale, *deneme sinyali* yada kısaca *deneme* denir. Bu sinyal frekans katlayıcısına gönderiliyor ve burada 19kHz frekanslı gerilimden 38kHz frekanslı gerilim elde ediliyor. Bu gerilimin yardımıyla, bir saniye içinde 38.000 kez üste çıkarılarak ve aynı kez alt pozisyona indirilerek  $P_1$  anahtarı yönetiliyor. Tabii ki, bu kadar hızlı anahtar mekanik türünden olamaz. Bu anahtar elektrondur ve transistörlerden ve 38kHz gerilimin etkisi altında açılan ve kapanan başka yarıiletken elemanlardan yapıldır. Anahtar üst pozisyonda, A noktasındayken, onun ve tablonun arasında L sinyali vardır, anahtar alt pozisyonda bulunurken, A noktasında R sinyali bulunuyor. Anahtarın bir pozisyondan başka pozisyona geçişi durmadan gerçekleştiğinden dolayı, A noktasında kompleksli bir sinyalin, “*bir sol-bir sağ*” olarak adlandırılabilen sinyalin elde edildiği açıkça görünür.

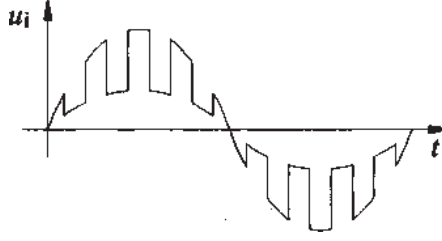
Bu sinyal kuvvetleşirse ve bir hoparlörden oynatılırsa, dinleyici her iki sinyali, yani komple sinyali duyabilir. Bu arada, geçişler hissedilmeyecek, çünkü onlar ultra ses hızıyla gerçekleşiyor. Bu şekilde açıklanmış, iki bilginin bir iletim kanalından iletimin gerçekleştiği süreç, zaman çoklayıcı olarak adlandırılıyor. Anahtarlama kodlayıcı-kod çözücüde sinyallerin grafiksel görünümü Res.7-8’de verilmiştir.

Örneğin, L ve R gerilimlerin (Res.7-8-a)’da olduğu gibi frekans açısından aynı, amplitüd açısından ise farklı olduklarını ve 38kHz’lik yardımcı taşıyıcının dikdörtgen şeklinde olduğunu alalım.



Res. 7-8. Anahtarlı kodlayıcının sinyalleri

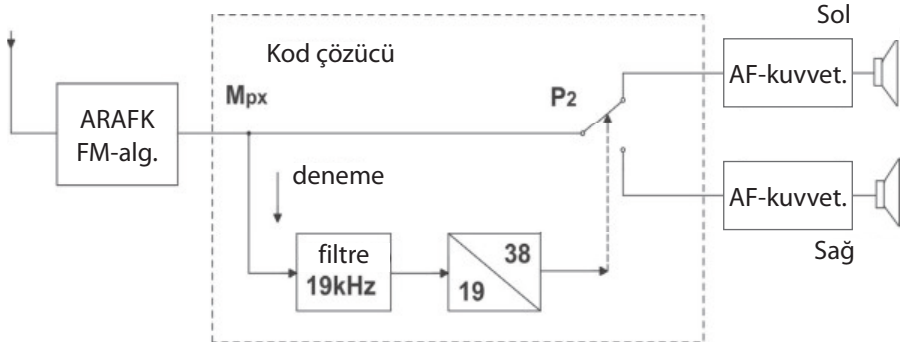
Mikrofonun çıkışından sinyallerin (Res.7-8-a)'da olduğu gibi aynı şekilleri olduğu durumda, A noktasındaki sinyalin şekli (Res.7-8-b)'de olduğu gibi olacak, AF-filtrenin çıkışında ise (Res.7-8-c) gibi şekli olacak. Kodlayıcının çıkışındaki sinyal Res.7-9'da gösterilmiştir.



Res. 7-9. Anahtarlamalı kodlayıcının çıkışında 38kHz'lik yardımcı taşıyıcıyla L ve R sinyalleri

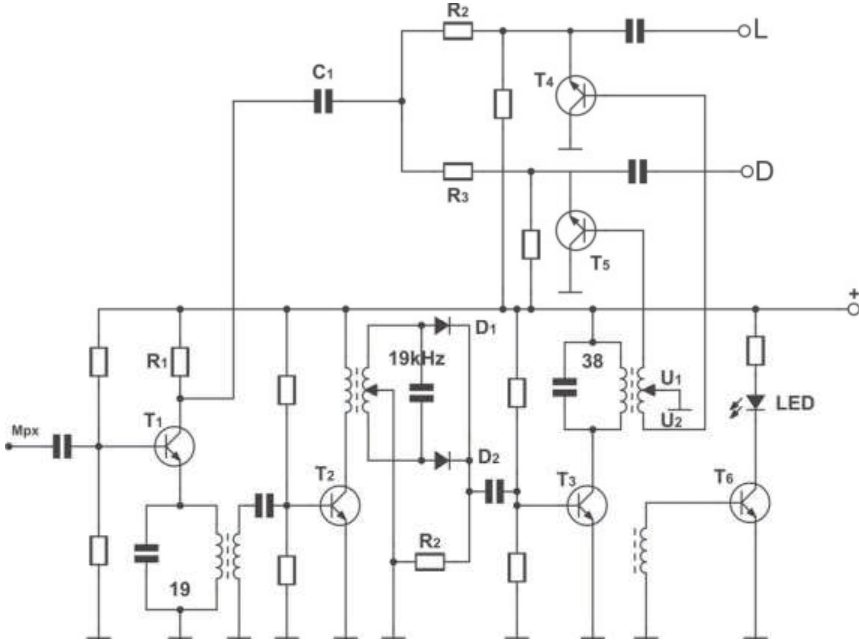
FM-demodülatörden sonra, stereo alıcıda çoklu sinyal kod çözücünün girişine götürülüyor. *Anahtarlamalı kod çözücünün blok-modeli* Res.7-10'da verilmiştir.

Çoklu sinyalden ve filtre-geçirici yardımıyla deneme sinyali çok dar bir kapsama ayrılıyor ve frekans katlayıcıya yönlendiriliyor. 38kHz frekanslı gerilim  $P_2$  anahtarını, bir saniye içinde 38.000 kez üst pozisyonda ve 38.000 kez alt pozisyona getirerek yönetiyor. Hem kodlayıcıda hem kod çözücüdeki 38kHz frekanslı her iki gerilimlerin aynı frekansları ve fazları var, çünkü ikisi 19kHz'li aynı salınmaçtan oluşan gerilimin katlanmasıyla elde ediliyor. Bu yüzden, hem  $P_1$  anahtarı hem  $P_2$  anahtarı eşzamanlı çalışıyor, yani ikisi de aynı zamanda üst pozisyonda yada alt pozisyonda bulunuyor. Böylece, sol mikrofondan sinyalin sol hoparlöre, sağ mikrofondan sinyalin ise sağ hoparlöre gitmesi sağlanıyor. Bu şekilde, konseri yayınlandığı orkestrinin sol tarafındaki müzik sol hoparlörde iletiliyor, ve buna uygun şekilde sağ tarafındaki müzik sağ hoparlörde iletiliyor ve böylece stereofonik iletimi gerçekleştiriyor. Kod çözücünün çıkışında “bir sol – bir sağ” sinyal elde edildiğine göre, hoparlörler de durmaksızın çalmayarak, bir sol-bir sağ şeklinde çalmaları beklenebilir. Ancak bu doğru değil, çünkü hoparlörlerin gerilimleri kesik değildir. AF-kuvvetlendiricinin üst sınır frekansı 38kHz'ten daha küçüktür ve kesici sinyali hoparlörlere yetiştiriyor. Bu sinyaller hoparlörlere yetişse de ve hoparlörler onları oynatma durumunda olsa da, dinleyiciye mani olmaz, çünkü insan kulağı bu kadar hızlı değişiklikleri kaydedebilecek durumda değildir.



Res. 7-10. Kod çözücülü stereofonik alıcının blok-modeli

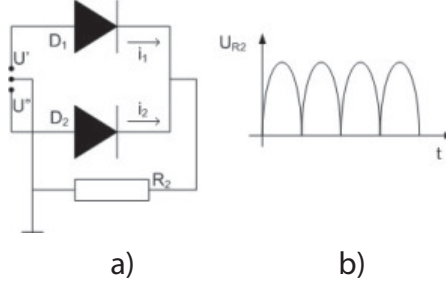
Anahtarlama kod çözücünün ilkeli elektrik şeması Res.7-11'de verilmiştir



Res. 7-11. Kod çözücünün elektrik şeması

Bu kod çözücü ayırık teknikte gerçekleştirilmiştir. Çoklu sinyal FM-algıyıcıdan  $T_1$  transistörün temeline götürülüyor. Bu transistörün yayınlayıcı devresinde, rezonans frekansı 19kHz olan paralel salınımlı devre bulunuyor. Bu ( $M_{px}$ ) sinyali için salınımlı devre büyük direnç gibi davranıyor ve sonlarında 19kHz frekanslı gerilim elde ediliyor. Bu sinyal  $T_2$  aracılığıyla

la kuvvetlendiriliyor ve bu şekilde kuvvetlenmiş sinyal, 19kHz'e ayarlanmış ikinci salınımlı devreye yönlendiriliyor. Ondan sonra, Res.7-12'de ayrıdan gösterilmiş,  $D_1$  ve  $D_2$  diyodlu *frekans katlayıcısı* geliyor. Sarımın alıntısı tam ortadadır ve bu şekilde  $u'$  ve  $u''$  değişimli gerilimlerin aynı amplitüdlerle ancak ters fazda olmaları sağlanıyor.

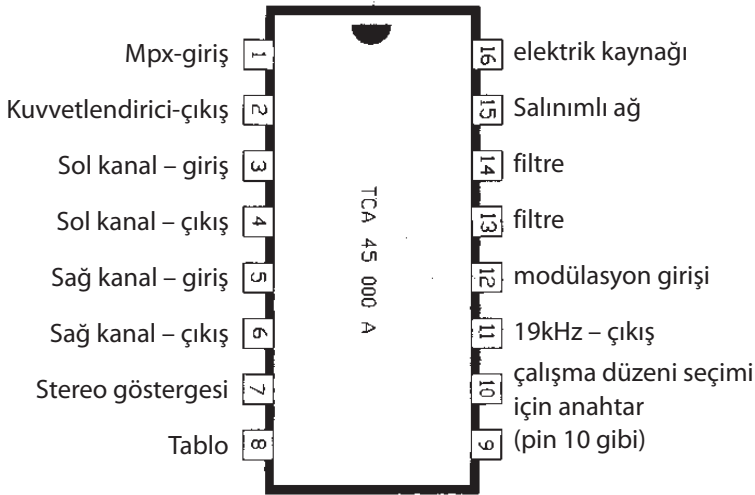


Res. 7-12. Frekans katlayıcı

Diyotlar değişimli iletiyorlar, ancak onların elektrikleri  $R_2$  rezistöründen aynı yönde akıyor ve rezistörde,  $T_3$  transistörün temeline yönlendirilen titreşimli (palslı) gerilim elde ediliyor (Res.7-12-b). Bu gerilimin etkisi altında, transistörden titreşimli elektrik gücü akıyor. Bu elektrik, komplekslidir ve tek yönlü bileşen dışında, büyük sayıda harmonikler – sinüsoidal bileşenleri içeriyor. Bu bileşenlerden birinin 38kHz frekansı var. Bu bileşene göre salınımlı devre direnç gibi davranıyor ve onun için bileşenin sonlarında 38kHz frekanslı gerilim elde ediliyor. İkincilin  $u_1$  ve  $u_2$  gerilimleri aynı amplitüdü ancak ters fazlıdır, çünkü alıntı sarımın ortasında yapılmıştır.  $u_1$  gerilimi  $T_5$  transistörün temeline ve yayıncısına gönderiliyor,  $u_2$  gerilimi ise  $T_4$ 'ün temeli ile yayıncı arasında gönderiliyor. Bu iki transistör anahtar (kesici) olarak çalışıyor.  $u_1$  pozitif iken  $T_5$  doyuk durumundadır ve sağ AF-kuvvetlendiricide girişi tabloyla bağlayan kısa bağ gibi davranıyor.

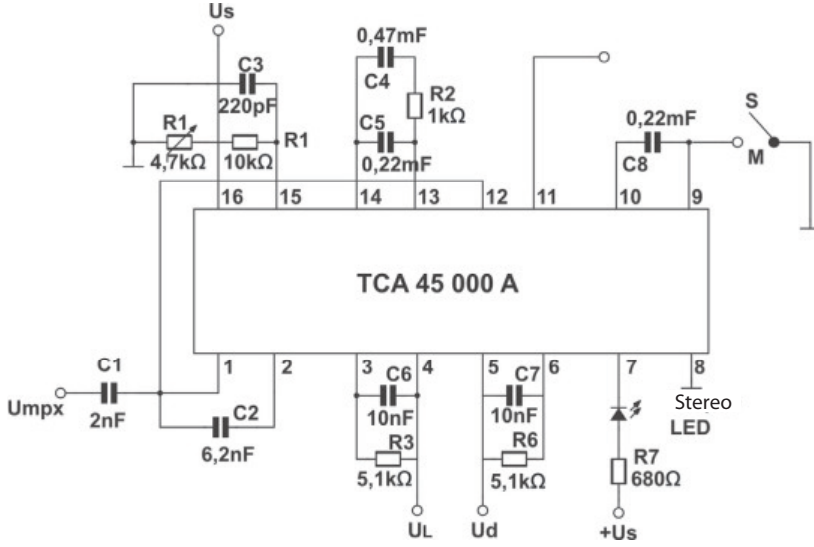
Aynı zamanda,  $u_2$  negatiftir, dolayısıyla  $T_4$  kilitlidir ve çok büyük değerli rezistör gibi davranıyor.  $T_1$ 'in toplayıcısından AF-sinyal (şu anda L sinyalıdır),  $C_1$  ve  $R_2$  aracılığıyla sol AF-kanalına gidiyor ve sol hoparlörden çalınıyor. Sonraki yarıperiyotta  $u_1$  negatiftir,  $u_2$  ise pozitifdir. Bu durumda  $T_5$  direnç gibi davranıyor,  $T_4$  ise kısa bağlıdır, öyle ki AF-sinyalı (şimdi R sinyalıdır),  $C_1$  ve  $C_3$  aracılığıyla sağ kanala gidiyor ve sağ hoparlörden çalınıyor.

Göründüğü gibi,  $T_4$  yönlendirdiği zaman, anahtarın Res.7-13'ten alt pozisyonuna uyuyor,  $T_5$  yönlendirirse, o zaman aynı anahtarın alt pozisyonuna uyuyor.  $T_6$ 'nın toplayıcı devresindeki LED-diyodu, tanınan stereo göstergesidir. Bu gösterge alıcının ayarlanmış olduğu vericisinin nasıl olduğu gösteriyor – stereofonik ya da monofonik.  $T_6$  çalışma noktası B sınıfındandır, öyle ki 38kHz'lik gerilim olmayınca (alıcı stereofonik vericiye ayarlı olmadığı zaman), toplayıcı elektrik gücü sıfırdır ve LED-diyodu yanmıyor. Alıcı stereofonik vericiye ayarlı olduğu zaman,  $T_3$ 'te toplayıcının salınımlı devresinde 38kHz frekanslı gerilim elde ediliyor. Endüktif yoluyla bu gerilim  $T_6$  transistörün temeline iletiliyor ve bu transistör, temel yayılayıcıdan daha pozitif olduğu peryot süresinde iletiyor. Bu darbe akımı LED-diyodun yanmasına yol açıyor ve bu şekilde stereoalımının varolduğu gösteriliyor.



Res. 7-13. TCA 45000 tümleşik devrede ayrı bağlantıların anlamı

Önceden analize ettiğimiz elektrik modeli stereo kod çözücünün ayrık teknikte yapıldığı duruma uygundu. Günümüzde tüm bu elemanlar ve bir stereo kod çözücünün işlevi bir tümleşik devrede yerleşiyor. Böyle bir devre TCA 45000 devresidir. Bu devre PLL prensibiyle çalışarak kararlı çalışma sağlanmıştır. Res.7-13'te *TCA 45000 tümleşik devresinin tüm bağlantı pinlerinin anlamları açıklanan model verilmiştir*, Res.7-14'te ise *bu devrenin olası kullanımlar dizisi verilmiştir*.



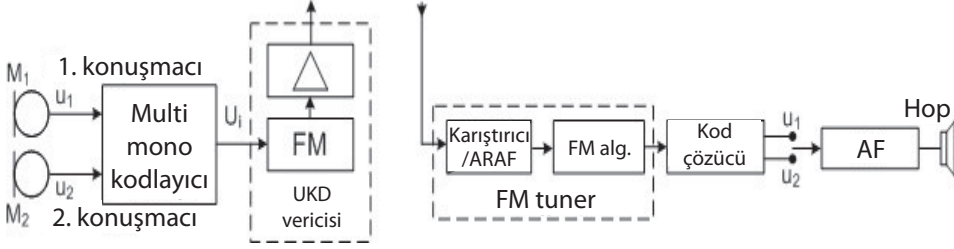
Res. 7-14. TCA 45000A'nın olası bir uygulaması

Resimden, bu tümleşik devrede, önceden incelediğimiz kod çözücünün ayrıık gerçekleşmesine benzer ilişkilerin ve elemanların olduğu görünüyor. Öyle ki, pin 1'e  $M_{px}$  sinyali getiriliyor, 3, 4, 5 ve 6 pinleri sol ve sağ AF-sinyalin bağlanması için kullanılıyor, pin 7'de ise alımın stereo göstermesi elde ediliyor. 9 ve 10 pinleri çalışma düzeninin seçimi için kullanılıyor (mono-stereo), pin 15'e ise salınımlı dış devre ekleniyor. 8 ve 16 pinleri uygun elektrik kaynağın eklenmesi için kullanılıyor.

## 7.2. ÇOKKANALLI SES ÜRETİMİ

Radyo yayıncılık sisteminde, başlangıçta mono sinyal iletiliyormuş, daha geç stereofonik iletim gerçekleşiyormuş, günümüzde ise *kvadrofonik iletim ve ses üretimi* de gerçekleşiyor. Dünyanın bazı yerlerinde, aynı bir FM-vericinin yardımıyla iki yada fazla farklı programların iletimi de uygulanıyor. İki yada fazla sinyalin aynı zamanda iletimi teknik bir yenilik olmamasına rağmen, radyo yayıncılıkta yeni bir iletişim şekli olarak tanımlanıyor. *Basitleşmiş blok-modeli* Res.7-15'te verilmiştir.

Verici tarafında iki mikrofon,  $M_1$  ve  $M_2$  bulunuyor. Bu iki mikrofon iki yayında bulunuyor ve 30Hz ile 15kHz arası aynı frekans kapsamında bulunan iki AF-sinyal ( $u_1$  ve  $u_2$ ) elde ediliyor. Aynı kapsamda oduklarından dolayı, onlardan birinin çoğullanması gerekiyor.



Res. 7-15. İki kanallı radyo yayın iletimin blok-modeli

Dünyada çok farklı çokkanallı iletim sistemleri geliştirilmiştir, onların arasında hem analog hem dijital sistemler vardır. Analog sistemler şunlardır: ABD'de SCA-programı, Hollandada SAC, Almanyada AM-sistemleri. Bu sistemler aralarında sinyallerin tayf özelliklerine ve farklı bilgilerin sayısına göre farklıdır. Son zamanlarda dijital sistemler yüksekte bulunuyor.

### 7.3. PROGRAM TANIMLAMASI (Pİ-Sistemi)

Radyo alıcıların yapımında büyük ilerleme tümleşik devrelerin ve mikroşlemcilerin birleşmesiyle elde edilmiştir, ve bu arada alıcıların fiyatı da çok değişmemiştir. Aynı zamanda, radyo yayıncılığı çok sayıda programlarla genişlemesi, bu programların işaretlenmesi için yeni şekiller arıyor. UKD-alanında klasik yöntemin yardımıya programların seçimi sırasında, dinleyiciler aranan istasyonu ayarlamakta zorluk çekiyor. Bu sorunun çözülmesi için ve başka geliştirmeler amacıyla, günümüzde UKD-alanının program tanımlaması yaygındır. Bunun için radyo sinyalin çerçevesinde *ek bilginin* iletilmesi gerekiyor. Pİ-sistemi, sıradan alıcıların çalışmasına mani olmayan bir yöntemdir. Şimdilik, bu sistem FM/UKD-alanına sınırlıdır, an-



cak en yakın zamanda benzer işlevler OD/UD-alanlarına da genişlenerek, alıcıların daha kolay ayarlanmaları sağlanacak.

Pİ-sistemi, son elli yılda fazla değişmeyen radyo alıcı yapısında, büyük olanaklar sunuyor. Çok sayıda yeni işlemler Pi-sistemi olmadan gerçekleşemez, örneğin: geleneksel basamağı displeyle değiştirildiği zaman istasyonların seçilmesi; daha pahalı alıcıların, kullanıcıların belli aramalarını hafıza eden ve gereğe göre tekrarlayan mikroişlemci devreleri vardır; alıcının otomatik programlanması vb.

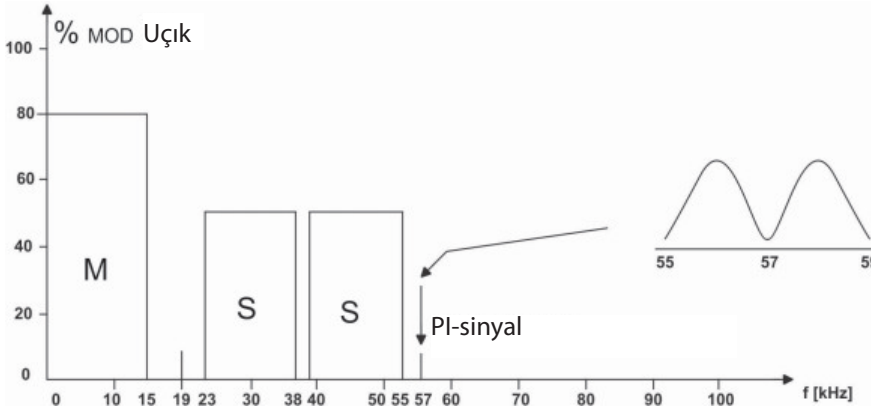
Pİ-sinyalin iki işlevi vardır:

- birinci işlevi, anahtarlama (kesicilik) – radyo yayın ağının daha kolay yönetimi ve ayarlanması için, ve
- ikinci işlevi displeyde *yazılı bilgi* şeklinde meydana geliyor.

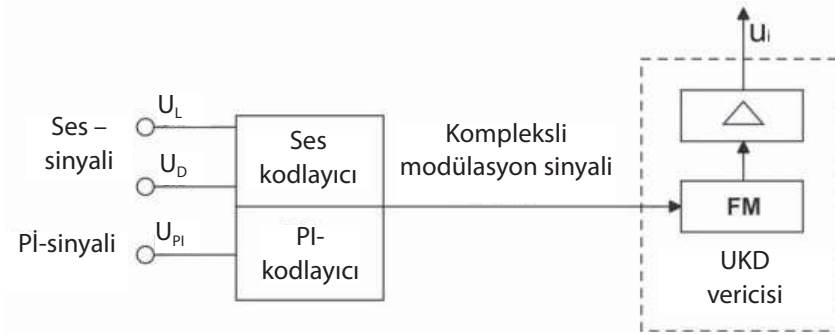
Pİ-sinyalinin varlığına dayanarak, Pİ-sistemleri şu işlemler için kullanılabilir:

- *belli istasyonların otomatik seçilmesi* – bu işlem sırasında alıcı vericinin frekansına kendi ayarlanıyor;
- *istasyonun seçimi için, alım alanının otomatik araması*;
- müzik yada konuşma yayın için seviyenin otomatik programlanması (dinleyici bu iki seviyeyi ayarlayabilir, elektronik anahtarlama ise gereğe göre Pİ-sinyalinden veriler yardımıyla aktifleştiriyor);
- belli programların teyp çalara *kaydetmek için alıcının otomatik programlanması*;
- *programların altseçimi* – belirli program kategorilerin dinlenilmesini sağlamak için (haberler, spor,rok-müzik vb.), diğerleri ise otomatik olarak bastırılıyor;
- frekansı, tam zamanı, programın adını tespit eden vs., *ayrı ekranda radyo testi*.

UKD-alanın stereo sinyalin Res.7-16'da olduğu gibi frekans tayfi, Pİ-sinyalin şu kapsamlarda eklenme olanağı veriyor: 15-19kHz, 19-23kHz yada 53-61kHz.



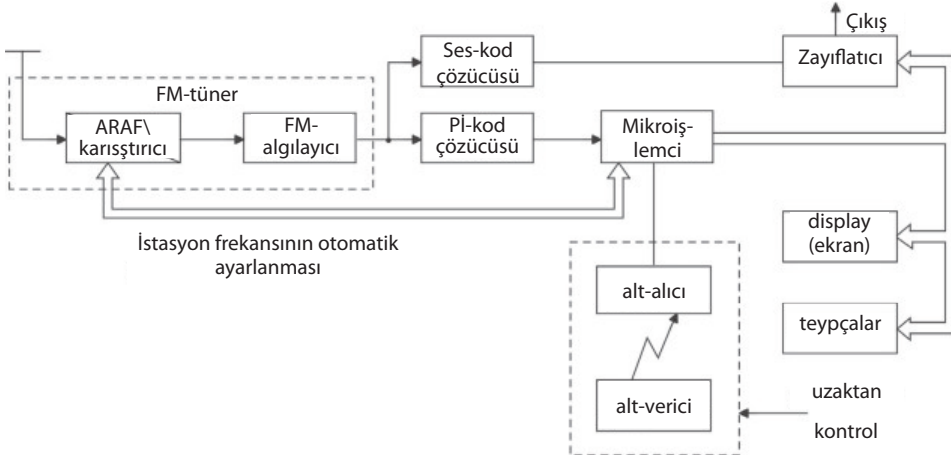
61kHz üzerinde frekanslar da meşguldür. Yapılan araştırmalarla Pİ-sinyalin 57kHz frekansta bulunması en iyi olduğu gösterilmiş. Bu frekansta 19kHz deneme sinyaliyle karışma en azdır.



**Pİ – kodlayıcı – kod çözücü:** Pİ-sinyalin iletimi için, ses kodlayıcı dışında Pİ-kodlayıcının da eklenmesi gerekiyor. Böylece ortak sinyal ile UKD-vericisine frekans modülasyonunun gerçekleşmesi sağlanıyor. Res.7-17’de ses ve Pİ-sinyalin kodlanması için bu Pİ-sistemin *blok-modeli* verilmiştir.

Sol  $L$  ve sağ  $R$  alçak frekanslı sinyallerin oluşturduğu ses sinyali, matris yardımıyla  $M$ -sinyale ve  $S$ -sinyele dönüşüyor. Sinyallerin farkı ( $S=L-R$ ), 38kHz’lik yardımcı taşıyıcıyla beraber amplitüd modülatörüne gönderiliyor. Yardımcı taşıyıcı 19kHz’lik salıngaçtan elde ediliyor.

Pİ-sinyalin kodlanması için de 19kHz'lik *deneme-sinyali* kullanılıyor. Bu arada bu sinyal üç misli artıyor ve 57kHz'lik yardımcı altaşıyıcı elde ediyor. Bu sinyal taşıyıcısız amplitüdlü modüle ediliyor ve Pİ-kodlayıcının matrisine götürülüyor. Deneme -sinyalin frekansı onaltıya bölünüyor (1/16), elde edilen frekans (1.187,5Hz) ise difüz modülatöre götürülüyor. Res.7-18'de verilmiş olan blok-modelde sinyalle şu ek bilgilerin iletilmesi mümkün olduğu tahmin ediliyor: vericinin tanımlaması, kendi programların tanımlaması, diğer ağlardan vericilerin tanımlaması, metinsel programlar. Bu Pİ-bilgiler, ikili sinyale dönüşüyor.

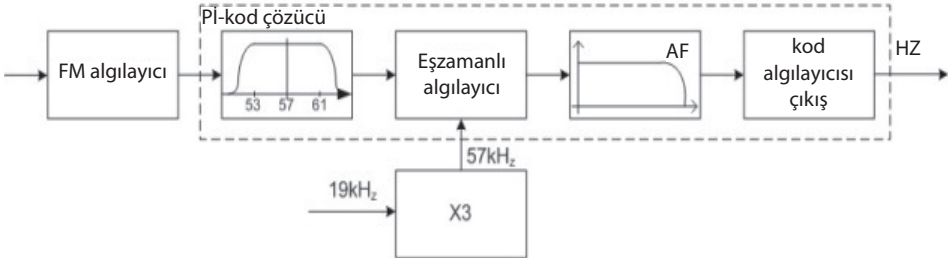


Res. 7-18. Pİ-sinyalli radyo alıcının basitleştirilmiş blok-modeli

Bu sinyallerle 1.187,5Hz frekansta modülasyon gerçekleşiyor ve sonuç olarak faz-modüle edilmiş ses sinyali, ya da diferansiyel kod bilgisi elde ediyor. Bu şekilde modüle edilmiş sinyale, 57kHz'lik altaşıyacıyla yeniden modülasyon, yani taşıyıcısız amplitüd modülasyonu gerçekleşiyor. Matrisin çıkışında elde edilen çoklu sinyale ( $u_i$ ) UKD-vericisinde frekans modülasyonu yapılıyor. Pİ-sinyalin alımı için UKD-alıcının basitleştirilmiş blok-modeli Res.7-19'da verilmiştir.

FM-tüner, geleneksel UKD-alıcının tüneri ile aynıdır ve karıştırıcı ve yerel salınğaça ARAF-kuvvetlendirici ve FM-kod çözücünden oluşuyor. Algılanan sinyal, aynı zamanda hem ses algılayıcısına hem Pİ-algılayıcısına gönderiliyor. Pİ-algılayıcıda sinyal çarpma-algılayıcıdan geçiyor, ondan

sonra ise AF-filtre aracılığıyla kod çözücüsüne götürülüyor. Pİ-kod çözücünün blok modeli Res.7-19'da verilmiştir



Res.. 7-19. Pİ – kod çözücünün blok-modeli

Çarpma-demodülatörün girişinde, 53 ile 61kHz arası geçirme kapsamı olan ve 57kHz'e ayarlanmış seçici devre yerleşiyor. Bu devrede Pİ-sinyali ayrılıyor. Çarpma kod çözücüsü eşzamanlı demodülatördür ve onda deneme sesini üç ile çarpılarak elde edilen 57kHz'ten alttaşıyıcı götürülüyor. Pİ-kod çözücünden çıkış sinyali mikroişlemci devresine götürülüyor ve burada şu işlemler gerçekleşiyor: frekansın ayarlanması, istasyon seçimi, istasyon tanımlaması, ekranda alfa numerik verilerin yazılması, ayrıca teypçalarda kaydetme de mümkün olabilir vb.

Radyo alıcıda tüm komutlarla yönetim doğrudan ya da uzaktan kumandayla (yöneticiyle) olabilir. Uzaktan kumandanın, alıcıda yapılabilen tüm komutları için düğmeleri vardır. Böyle Pİ-sistemler kolayca ulusal ve uluslar arası yayın ağlarına bağlanabilir, ayrıca böyle bir Pİ-kod çözücünün fiyatı da klasik stereo radyo yayın alıcıların fiyatından çok daha yüksek değildir.

## 7 ÖZET

- ❖ Stereofoni kelimesi Yunanca alan anlamına gelen stereo ve ses anlamına gelen fon sözlerinden geliyor;
- ❖ Radyo yayıncılıkta uyumluluk şöyle durumdur: varolan monofonik alıcılar, alınan tüm sinyalleri monofonik olarak çaldırıyor, stereofonik alıcılar ise tüm monoprogramları monofonik olarak çaldırıyor, stereoprogramlarını ise stereofonik olarak çaldırıyor;
- ❖ Bizde uygulanan EBU standartının şu özellikleri vardır:
  - Sinyallerin toplamı  $M=L+R$ , 30Hz ile 15kHz arası kapsamı içeriyor ve 75  $\mu$ s önvurgulaması var;
  - Sinyallerin farkı  $S=L-R$ , aynı şekilde, 30Hz ile 15kHz arası kapsamı içeriyor ve 75  $\mu$ s'lik önvurgulaması var, ve bu  $f_s$  yardımcı taşıyıcı frekans ile modüle eden sinyal tanımlıyor
  - Yardımcı taşıyıcı frekans  $f_s, f_f=19$ kHz değerinde olan deneme-sesin frekansından iki misli daha büyüktür. 38kHz'lik bu yardımcı frekans  $S=L-R$  sinyallerinin farkını modüleleştiriyor ve taşıyıcı frekansız DSB amplitüd modülasyonunda uygulanıyor
  - Sinyallerin modüle edilmiş farkının (L-R) iki kenar kapsamı, denemesi ve temel monosinyal (L+R), UKD-vericiden temel frekansına frekans modülasyonu gerçekleştiren çoklu stereo sinyal tanımlıyorlar;
  - Bu iletim şeklinde, 300Hz altında ve 5kHz üstünde, sol ve sağ kanal arasındaki relatif diyafoni 30dB'den daha fazla, 300Hz ile 5kHz arası kapsamda 40dB'den daha fazla olmalıdır
- ❖ Matrisli kodlayıcı-kod çözücüsü, sinyallerin toplamın ve farkın elde edildiği matrisli stereofonik sistemdir. İki mikrofon  $M_L$  ve  $M_R$  yardımıyla, iki AF-sinyal elde ediliyor, sol ( $u_L$ ) ve sağ ( $u_D$ );
- ❖ Anahtarlamalı kodlayıcı-kod çözücüsü elektronik anahtarlı stereofonik sistemdir ve onun yardımıyla zamanlama çoğullaması oluşuyor. Sinyaller iki mikrofon,  $M_L$  ve  $M_R$  yardımıyla ediliyor ve  $P_1$  elektronik anahtarına götürülüyor. Anahtarın bir pozisyondan başka pozisyona geçmesi ( $M_L$  ve  $M_R$ ) 38kHz frekanslı sinyal ile gerçekleşiyor;
- ❖ Aynı bir FM-vericinin yardımıyla iki yada fazla farklı programın kvadrofonik iletimi ve üretimi;

### SORULAR VE ÖDEVLER

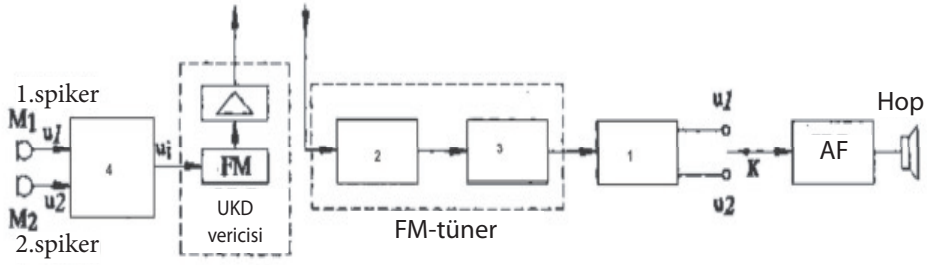
1. Stereofoni terimi altında ne tanımlanıyor?
2. Stereofonide uyumluluk kavramı neyi tanımlıyor?
3. Stereofonide deneme-sesiyle çoklu sinyalin frekans tayfı nasıl elde ediliyor?
4. MS-stereokodu ve Mpx-sinyalin oluşması açıklansın!
5. Sol kanaldaki sinyalin  $f=3\text{kHz}$  frekansı, sağ kanaldaki sinyalin ise  $f=9\text{kHz}$  frekansı varsa, çoklu stereo sinyalin karşılaşmalı zamanlama grafikleri çizilsin!
6. Matrisli kod çözücüsünde her bloğun nasıl işlevi vardır? Her bloğun çıkışından sinyallerin zamanlama grafiklerini çiz!
7. Stereofonide kullanılan matrisli kodlayıcıyı ile anahtarlamalı kodlayıcıyı kıyasla!
8. (Res.7-)’deki devreden sol ve sağ kanal için sinyalin ayrılması için elektrik yolu incelensin!
9. Program tanımlaması ne demektir ve onun klasik istasyon seçme şekline kıyasen hangi avantajları vardır?

#### Aşağıdaki tümcenin doğru olması için tamamla!

- Stereofonik alıcı monoprogramı \_\_\_\_\_ fonik olarak oynatıyor.
- Stereo iletiminde ses kaynağın yerinin bulunması aranıyor, bu işlem kaç mikrofonla gerçekleşiyor? \_\_\_\_\_.
- Yardımcı taşıyıcı frekansı, deneme sesin frekansından \_\_\_\_\_ için daha büyüktür.
- Radyo yayıncılıkta en çok \_\_\_\_\_ ve \_\_\_\_\_ kodlayıcı-kod çözücüleri kullanılıyor.
- Pİ-sistem kavramı altında \_\_\_\_\_ tanımlanıyor.

Her terimin yanında resme uygun sayıyı yaz!

- Resimde \_\_\_\_\_ tanımlanmıştır.



Aşağıdaki bloklar ne tanımlıyor?

- 1 - \_\_\_\_\_
- 2 - \_\_\_\_\_
- 3 - \_\_\_\_\_
- 4 - \_\_\_\_\_

## 8. OTOMOBİL RADYO ALICILARI

**O**tomobil alıcısı, başka bir ses üretim cihazıyla (CD, MP3 çalar, kasetçalar) kombine olan, otomobilde yerleşmiş ve 12V'ta çalışan radyo alıcı cihazıdır. Radyo alıcıların hemen başlangıcında, heveskarlar cihazları kendi otomobilleri için ve ev kullanımına uyum sağlamak için çaba gösteriyorlarmış.

Modern otomobillerde, ses siyalini oynatma cihazı genelde sürücü ve yolcu arasındaki banelin merkezinde yükleniyor. Otomobillerde, ses üretme cihazı dışında, kapılarda monte edilen hoparlörler de yerleşiyor.

### 8.1. OTOMOBİL RADYO ALICI TÜRLERİ

Radyo alıcılı otomobil donanımının ticari girişi geçen yüzyılın 30 yıllarından başlamış. Otomobiller için ilk radyo üreticilerden biri Motorola'dır. Motorola şirketi isminde motor önekini katmış, çünkü bu şirket başlangıçta otomobil radyo donanım üretimine yönelikmiş.

Sıradaki otomobil radyo alıcılar nesili, bir istasyondan başka istasyona geçmek için bastırılmalı düğmeyle seçenekliymiş. Yetmişli yıllarda yarı iletken teknolojinin uygulanmasıyla, çıkış derecenin transistörlü devreyle gerçekleştirilmesi sağlanarak lambaların kullanımından kaçınılması, boyutların azalmasına ve radyo alıcının otomobil elektrik kaynağını kendi kaynağı olarak kullanılmasına yol açılmış.

Otomobiller için ses cihazlarında büyük gelişme seksenli yıllarda, 1981 yılında Kaliforniya'da düzenlenen ve sonraki yıllarda gelenek olarak devam eden otomobiller için ses donanım fuarının düzenlemesiyle gerçek-



leşmiş. Burada cihazın kurumu ve üretilen ses sinyalin kalitesi değerlendiriliyormuş. Bu dönemde üreticiler örgüt kurarak, ses üretiminin kalitesi, ses kuvveti açısından birinci yerde olmasını terfi ediyorlarmış.

### 8.2. OTOMOBİL RADYO ALICILARDA EK DONANIM

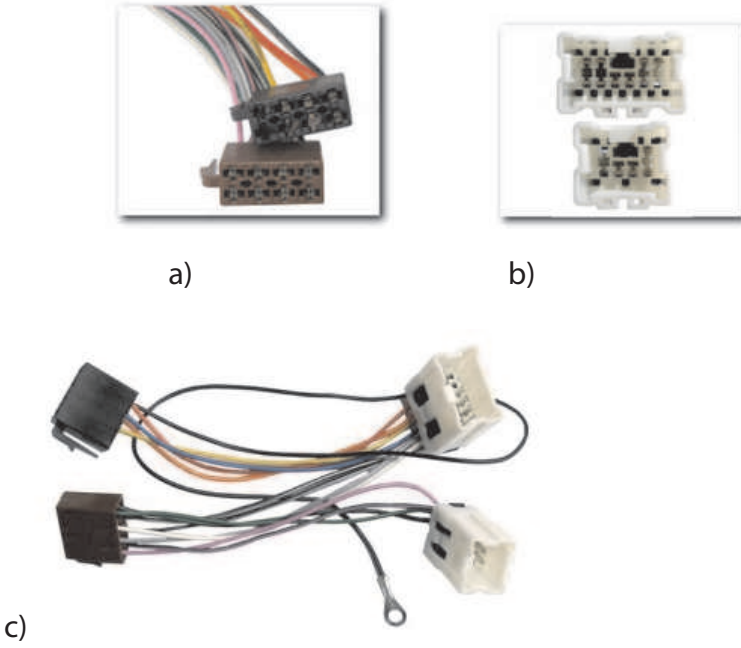
Bugünkü ses cihazların standart boyutları var, her otomobil üreticisi ise herhangi üreticiden üretilen cihazların yerleşmesi için yer sağlıyorlar. Ses cihazları: radyo alıcı (AM/FM tünere) ve çıkış kuvvetlendirici içeriyor. Bunlar temel bileşenlerdir. Diğer olası bileşenler şunlardır: kasetçalarlar (daha eski modellerde), CD, DVD, mini-disk ve USB flash bellek, bazı yapımlarda ise sabit-disk de olabilir (daha yeni modellerde), son yıllarda ise ek donanım çerçevesinde dengeleyiciler (ekolayzer) ve navigasyon, park-kamera v.b gösteren ekranlar da ekleniyor.

Otomobil hoparlörleri özelleştirilmiştir ve kolayca tanınabiliyorlar,ve standart hoparlörler gibi aynı görevi gerçekleştiriyorlar. Küçük alanları nedeniyle özel yapımlı diyaframla hoparlörler kullanılıyor, şekilleri ise daire dışında, oval, kare, hatta üçgen şeklinde olabilirler. Otomobilin içinde, 60°C'e kadar varabilen yüksek sıcaklıkları dayanabilmek amacıyla, diyaframlar daha farklı malzemedan yapılıyorlar. Başlangıçta hoparlör hemen radyo alıcının kasası yanında yerleştiriliyormuş Bugün ise hoparlörler kapılarda (ön ve arka), bagajda, hatta koltuk altına yerleşebilir, stereo performanslıdır, ancak surround-sisteminde de gerçekleşebilir. Kuvvetlendiriciler, otomobil ses cihazların büyük kısmında yer alıyorlar. Mevcut sistemin genişlemesi olarak, günümüzde sıkça dış kuvvetlendirici kullanılıyor ve yolcu araçlarında genellikle arka bagajda yerleşiyorlar.

Derin baslar (sub woofer), ev kullamı için kullanılan audiosistemlerden biraz farklı ve sıradışı tasarımları olan, alçak frekansların oynatılması için özel hoparlörlerdir.

### 8.3. OTOMOBİLLERDE RADYO ALICININ BAĞLANMASI

Otomobil ses cihazın çıkışında iki İSO bağlayıcı (konnektör) vardır: biri elektikle beslenme için kullanılıyor, diğeri ise sesin bağlanması için kullanılıyor. Res.8'de ayrı ayrı ISO besleme, hoparlör bağlayıcıları ve onların bağlantısı gösterilmiştir. Her bağlayıcınının 8'er çıkışı var ve herbir çıkışı kendine özel bir işlevi var. Pinlerin, Res.8-1'e uygun şekilde, Tablo 8-1'de verilmiş uygun işaretleri vardır.



Res. 8-1. a) Besleme için ISO bağlayıcıları; b) Hoparlörler için ISO bağlayıcıları ve c) onların bağlantısı

Tablo 8-1. Pinlerdeki işaretler

Elektrikle besleme bağlayıcı			
A-1	A-3	A-5	A-7
A-2	A-4	A-6	A-8

Hoparlörler bağlayıcı			
B-1	B-3	B-5	B-7
B-2	B-4	B-6	B-8

Her pinin işlevi ve her telin işareti (renği) aşağıdaki Tablo 8-2 verilmiştir.

Tablo 8-2. Pinlerin işaretlere

<b>Pinin işareti</b>	<b>Telin rengi</b>	<b>İşlevi</b>
Elektrikle besleme A-4	Sarı	Sürekli besleme +12V
A-5	Mavi / beyaz	Besleme kontrolü
A-6	Turuncu/beyaz	Işıklandırma
A-7	Kırmızı	Başlatma
A-8	Siyah	Topraklama
Hoparlörler B-1	Mor	Arka sağ(+)
B-2	Mor /siyah	Arka sağ (-)
B-3	Gri	Ön sağ(+)
B-4	Gri /siyah	Ön sağ (-)
B-5	Beyaz	Ön sol(+)
B-6	Beyaz/siyah	Ön sol (-)
B-7	Yeşil	Arka sol (+)
B-8	Yeşil/siyah	Arka sol (-)

## 8 ÖZET

- ❖ Otomobillerdeki radyo alıcıların temel bileşenleri: AM/FM tünere (kanal arayıcı) ve çıkış kuvvetlendiricisidir. Diğer olası bileşenler şunlardır: kasetçalarlar (daha eski modellerde), CD, DVD, mini-disk ve USB flash bellek, bazı yapımlarda ise sabit-disk de olabilir. Son yıllarda dengeleyici ve navigasyonu, park-kamera vb. gösteren ekran da ekleniyor;
- ❖ Otomobil hoparlörleri özelleştirilmiştir ve kolayca ayrılabilir ve standart hoparlörlerin yaptığı işlevi gerçekleştiriyorlar;
- ❖ Kuvvetlendiriciler otomobil ses cihazlarında yer alıyorlar, yolcu araçlarda genelde bagajda yerleştirilen dış kuvvetlendiriciler de kullanılabilir;
- ❖ Otomobil ses cihazının çıkışında iki ISO bağlayıcı vardır: biri elektrikle besleme için, diğere ise audiobağlanmak için kullanılıyor;

### SORULAR VE ÖDEVLER

1. Otomobilde radyoalıcılarına bağlanabilen ek cihazları say!
2. Alıcının otomobille bağlanması için kaç ISO bağlayıcı gerekiyor?
3. ISO bağlayıcılarda renkleri ve onların anlamlarını say!

#### **Ağğıdaki cümlelerin doğru olmaları için boşlukları tamamla!**

- Otomobilde yerleştirilen alıcıya \_\_\_\_\_ denir.
- Derin bas (sub woofer) \_\_\_\_\_ frekansların çalınması için özel hoparlördür.
- Radyo alıcının bağlanması \_\_\_\_\_ bağlayıcılarla gerçekleşiyor.

Her terimin yanında, resme uygun sayıyı koy!



Besleme bağlayıcıları			
A-1	A-3	A-5	A-7
A-2	A-4	A-6	A-8

Işıklandırma ( )

Topraklama ( )

+12V besleme ( )

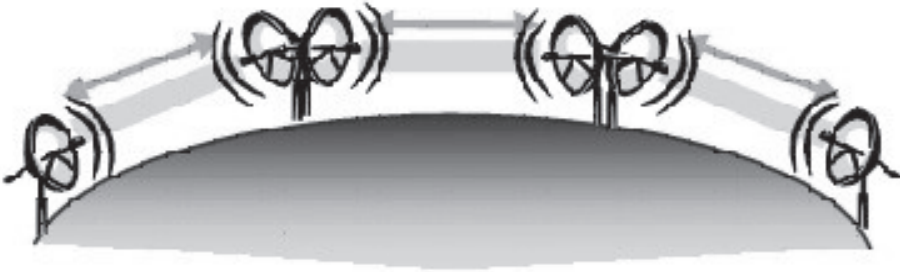
Başlatma ( )

## 9. RADYO RÖLE İLETİM CİHAZLARI

**H**avada yayılan elektromanyetik dalgaların yardımıyla gerçekleşen telsiz iletime radyo iletimi denir. İletim için telsiz sistemler şunlardır: **radyo yayın iletimi (R)** ve **radyo röle iletimi (RR)**. Radyo yayın iletimi bir vericinin ve fazla kullanıcının olmasıyla karakterize ediliyor. Radyo röle bağlantılar aynı zamanda fazla ayrı kanaldan iletim sağlıyorlar.

### 9.1. RADYO RÖLE İLETİMİNİN ÖZELLİKLERİ

Radyo röle kavramının İngilizce kökeni var ve „radio relay systems” sözlerinden elde edilmiştir. Bu sistemin adı iletimin gerçekleştiği şekline uyumludur – mesafe gözle görünebilir ise direkt dalga, daha uzun mesafeler için ise retranslasyon sistemi kullanılıyor. Demek ki, bir röle istasyonda zayıf sinyal kuvvetlendirilecek.



Res. 9-1. İki yer (kara) iletim istasyonu arasındaki bağlantı

**Radyo röle** bağlantılar aynı zamanda birden çok kanal sağlıyorlar. Res.9-1’de iki belli mesafede bulunan iki yer istasyonu arasında bağlantı verilmiştir. İstasyonlar arasındaki mesafe anten seçimine bağlıdır, ve genel-

de 60km uzaklıktadır. Böyle gerçekleşmiş radyo röle bağlantısı mikrodalga bağlantı olarak adlandırılıyor, çünkü mikrodalgalarla, ya da 2-23GHz kapsamında gerçekleşiyor.

Radyo röle bağlantıları, radyo bağlantıların özel şekli olarak, metre ve desimetre kapsamında, ve en sıkça santimetre kapsamında çalışıyorlar. RR'de kullandığımız radyo tayfı tüm radyo iletimi için ortak kaynaktır, verilen standartlara göre ayrılıyor ve kesin olarak belirenmiş kullanımı vardır. İletişimin başarısı radyo tayfın ayırımına ve kullanımına bağlıdır. Teknik açıdan, radyo tayfı ayrılmış ve çoğullanmıştır.

Tayfın ayırımı frekans alanına ve onun belirli telekomünikasyon sitemlerinde, telefonculukta ve televizyonculukta, kullanımına göre yapılabilir. Tablo 9-1'de böyle bir ayırımın değerlendirilmesi verilmiştir.

Tablo 9-1. Frekansların dağıtımı

Kapsam	Frekans	Temel kullanım
Çok alçak frekanslar (Very low) (VLF)	3Hz-30KHz	Sualtı iletişim
Alçak frekanslar Low (LF)	300KHz'e kadar	Navigasyon (denizcilik), AM ve diğer sinyaller
Orta frekanslar Medium (MF)	3 MHz'e kadar	AM orta dalgalar
Yüksek frekanslar High (HF)	30MHz	Kısa dalgalar ve radyo amatörler
Çok yüksek frekanslar Very high (VHF)	300MHz	FM radyo ve televizyon
Ultra yüksek frekanslar Ultra high (UHF)	3GHz	TV, GSM, WLANs, uçak bağlantılar
Süper yüksek frekanslar Super high (SHF)	30GHz	Radyo röle, WLANs, radarlar
Ekstra yüksek frekanslar Extrem.high (EHF)	300GHz	Uzay radyosu, hızlı radyo röle

Radyo röle bağlantılar farklı bilgilerin iletimi için kullanılıyorlar ve farklı amaçları vardır. En sıkça, pahalı kablo sistemlerin başarılı değiştiril-

mesi için kullanılıyorlar. Radyo röle bağlantılarının en önemli özellikleri şunlardır:

- onların aracılığıyla geniş frekans kapsamı geçiriliyor;
- frekans modülasyonu ve vuru modülasyonu kullanıyorlar;
- büyük yönlendirmeleri ve küçük ışıyım açısı olan mikrodalga alanı için antenler kullanıyorlar, ve
- antenler küçük boyutludur ve W sıralarından düşük güçleri var.

İletim sırasında yonosferden yansımayı kullanarak, son mesafe neredeyse sınırsızdır, aralarındaki etki ise en alçak seviyede tutuluyor. Radyo röle iletiminde, radyo istasyon antenlerinin birbirine karşı yerleşebilecekleri orta mesafe 40 ile 60km arasında olabilir. Radyo röle iletiminin en önemli kalitesi onun taşınabilirliğidir.

Radyo röle bağlantıların belirli dezavantajları da var ve bu dezavantajların yüzünden iletim sırasında sorunlar yaşanabilir.

En sıkça meydana gelen ve en çok öne çıkan olay feding olayının ortaya çıkmasıdır. Feding olayı yeryüzü yüzeyinden ve diğer doğal ve yapay nesnelere yansıma sonucu olarak meydana geliyor. Fedingten, ya da alım sinyalinin kararsızlığından dolayı, radyo röle istasyonların arasındaki mesafe kesin olarak belirlenmelidir.

Radyo sinyalinin zayıflamasının, yada biçim bozukluğu nedenleri şunlar olabilir: başka kaynaklardan engeller, farklı emme malzemelerin etkileri, coğrafi ve biyolojik yapılandırma.

Başka kaynaklardan engeller olarak şunlar ortaya çıkabilir: iletişim ve diğer cihazların karışmaları ve saklı terminal sorunu (aralarında iletişim olmamalarına rağmen birbirine mani oluyorlar).

Radyo röle iletimi hem analog hem dijital sinyalleri iletiyor. Başlangıçta, RR-sistemler frekans modülasyonu kullanan mesajları iletiyormuş, bugün ise dijital iletiminde iletimi fiziksel koşullarını uyum sağlamış dijital modülasyonlar kullanılıyor.

Son 10 yılda, radyo röle iletimi büyük ilerleme gösteriyor ve günümüzde genelde şu alanlarda kullanılıyor:

- cep telefonlarında – 34MHz'ten (1993 yılında) 1GHz'e kadar (bugün), ve



- Kablosuz İnternette (farklı kurumlar, kamu alanlar, okullar ve benzer).

Aynı zamanda, özel hizmetlerde iletim için yerleşmiş olan eski radyo röle sistemleri de kullanılmaya devam ediyor (demir yolları, güvenlik güçleri, askeriye vb.).

RR-iletimin sunduğu yeni kalite iletişim cihazları ya da terminallerin taşınabilirliği (hareketliliği) ve tayfın ayırımıdır.

Kablosuz iletimin taşınabilirliği, aslında terminallerin erişim noktalarına karşı yer değişmesidir. Bu arada, kullanıcının aynı ağda kalması ya da yeni ağa geçmesi mümkündür. Kullanıcı verilen bir ağda ise, o zaman kullanıcı pozisyonunu değiştiriyor, yani ağ içinde bir baz istasyondan başka baz istasyona geçiyor. Kullanıcı başka ağa geçtiği zaman, GSM (Global System for Mobill communication) taşınabilir alandan geçtiği demektir.

### 9.2. RADYO RÖLE İLETİMİNDE ÇOĞULLAMA

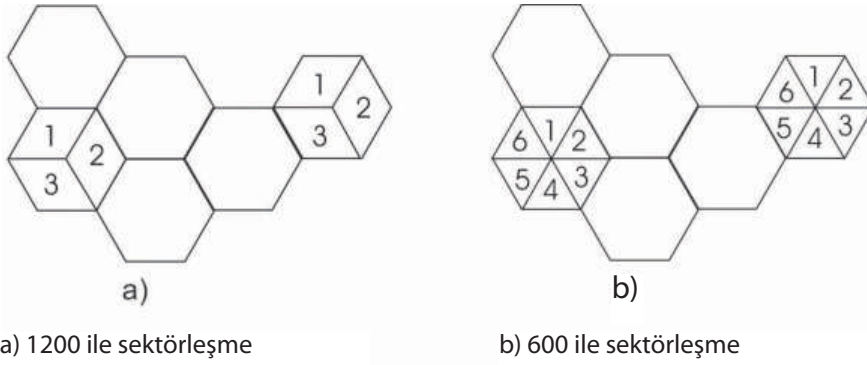
Radyo röle iletiminde kullanılan çoğullamalar şunlardır:

- alan çoğullamalar (hücreler-selüler);
- frekans çoğullamalar (FDMA - Frequency Division Multiple Access);
- zaman çoğullamalar (TDMA - Time Division Multiple Access), ve
- kod çoğullamalar (CDMA - Code Division Multiple Access).

Son zamanlarda birden fazla taşıyıcı (Multicarrier – MC) yardımıyla iletim teknikleri kullanılıyor. MC modülasyonların ve CDMA kod çoğullama tekniklerin kombinasyonuyla, multimedya geniş bant kablosuz sistemlere çokdereceli erişim gerçekleşiyor. Geniş tayflı (spread spectrum) tekniklerde CDMA ve CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance) çoğullamaları kullanılıyor.

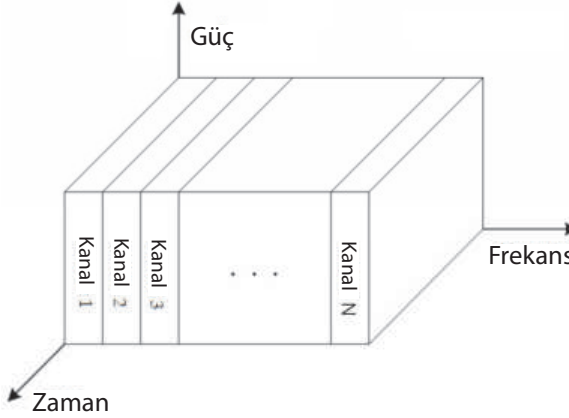
**Alan çoğullamaları**, mobil (taşınabilir) iletiminde kullanılan, RR-iletimi için birinci çözümdür. Mobil iletiminde kapsama sektörlerine, ya da sınırlı sayıda kullanıcı hücresine göre bölünme yapılıyor. Böyle bölünme Res.9-2'de verilmiştir.

(Res. 9-2)'de bir hücreler alanının sektörleştirilmesi gösterilmiştir.



Res. 9-2. Bir hücreler alanının sektörleştirilmesi

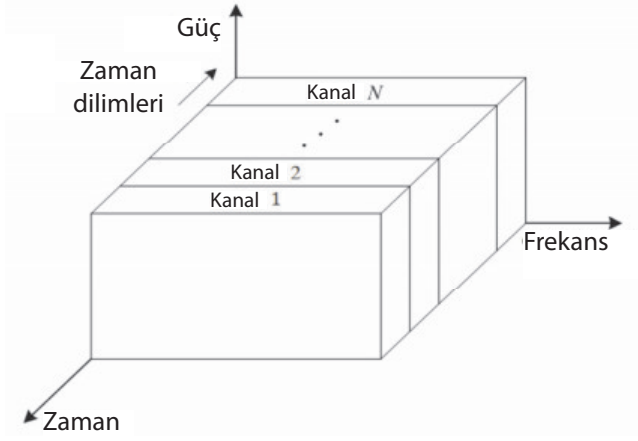
**Frekans çoğullaması** selüler ayırma kombinasyonunda kullanılıyor. Bu sınırlı kullanıcı sayısı için nispeten basit bir çözümdür. FDM (frekans çoğullaması) durumunda iletim ve kullanıcıların ayırma kavramı Res.9-3 tanımlanmıştır.



Res. 9-3. Frekans çoğullaması

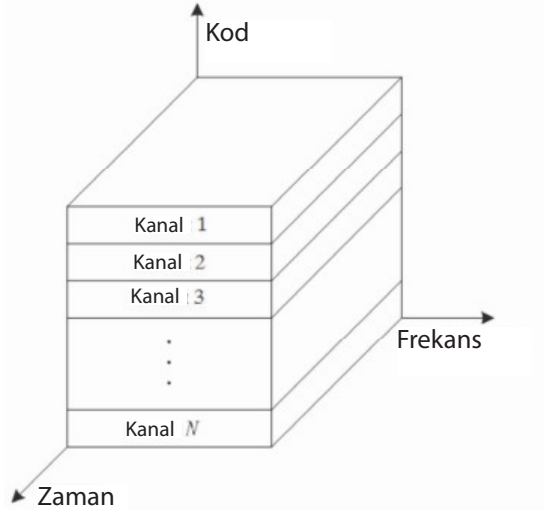
RR-sistemlerinde kullanılan zaman çoğullaması kanalların ve WLAN ağına **frekans dağıtım çoklayıcının** ve 2G iletim kombinasyonudur. Burada bir cihaz birden fazla kanalla iletişim kurabiliyor. Böyle iletim daha büyük kapasite ve kapsamın daha iyi faydalanması sağlanıyor. Zaman çoğullaması yardımıyla iletim ve kullanıcı ayırma kavramı Res.9-4'te verilmiştir.

Zaman süresi içinde, zaman dilimlerin alımı, yani N kanaldan zaman aralıkları yapıyor.



Res. 9-4. Zaman çoğullaması

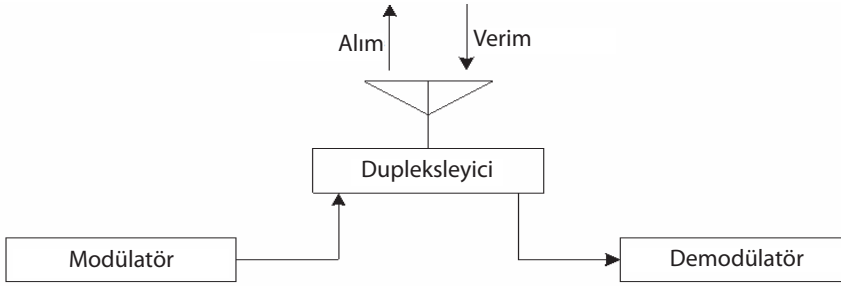
Spread Spectrum tayfı kullanıldığı zaman, kullanıcıların sayısı fazlasıyla artıyor, iletim bilgi kapsamından daha geniş kapsamdadır ve karışmalara karşı büyük dirençleri var. Spread Spectrum askeriyede, bilgilerin daha geniş kapsamda iletilmesi amacıyla meydana gelmiş. Böylece engeller ve diyafoniler azalır. Kod çoğullamasıyla iletim ve kullanıcı ayırımı Res.9-5'te verilmiştir



Res. 9-5. Kod çoğullaması

Çoğullamayla sağlanan çok dereceli erişim dışında, kullanıcılara iki yönde aynı zamanda bilgi paylaşması sağlanmalıdır. Bu bağlantı türüne dupleks denir.

Dupleks frekans yada zaman etki alanında direkt ve geri kanalın bölünmesiyle elde edilebilir. FDD (Frequency Division Duplexing) frekans dağıtımli duplekste, baz istasyonu ile iletişim için her kullanıcı iki ayrı frekans kanalı kullanıyor. Doğrudan kanal baz istasyonundan taşınabilir birime doğru iletim için, yada geliş bağlantı (downlink) için kullanılıyor, geri kanal ise taşınabilir birimden baz istasyonuna doğru iletim için, yani başlangıç bağlantı (uplink) için kullanılıyor. Alıcı ve verici için aynı anten kullanıyoruz. Böyle iletim sırasında, alıcı ve verici sinyalin ayrılmasını gerçekleştiren dupleksleyici ya da genelgenin kullanılması gerekiyor (Res.9-6).



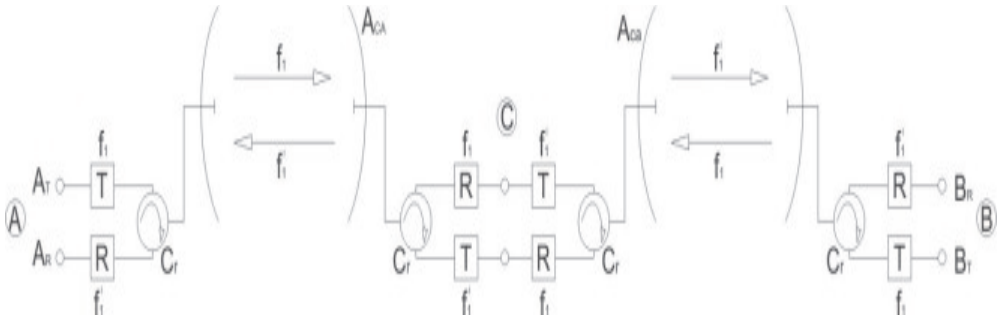
Res. 9-6. Radyo röle dupleks iletimi

TDD (Time Division Duplexing) zaman dağıtımli dupleks bağlantı kullanıldığı zaman alıcı ve verici sinyalin zaman ayırımı yapılıyor. TDD aynı frekanstan iki yönde iletişim sağlıyor ve bu durumda dupleksleyiciye gerek yok.

### 9.3. RADYO RÖLE İLİTİMİN YAPISI

Radyo röle iletimin gerçekleşmesini Res.9-7'de verilen blok-modelin yardımıyla tanımlayabiliriz. Resimde iletimde bulunan A ve B bitiş noktaları arasındaki bağlantı verilmiştir. Bitiş istasyonların T (transmitter) ile işaretlenmiş vericileri ve R(receiver) ile işaretlenmiş alıcıları var. Radyo röle bağlantılarla aktarılan sinyaller  $A_0$  noktasına bağlıdırlar.

Bu sinyaller, modülasyon ve kuvvetlendirme yardımıyla  $f_1$  frekanslı daha yüksek radyofrekans alanına iletiliyor. Sinyaller kuvvetlendirildikten sonra, antene bağlı olan  $C_r$  (circular) genelgeden geçiyorlar. Genelge, verici ve anten yönünde küçük zayıflaması olan, verici-alıcı yönünde ise büyük zayıflaması olan özelleştirilmiş mikrodalga kurgusudur. Bu kurgu yardımıyla mesajın bir antenden aynı anda hem verilmesi hem alınması sağlanıyor. Vericinin yaydığı  $f_1$  frekanslı sinyalin gücü, mikrodalga antenlerin büyük odak noktasından dolayı küçüktür. C pozisyonunda anten, sinyalin R alıcısına doğru ilerlemek için yeterince hızlı sinyal alıyor.

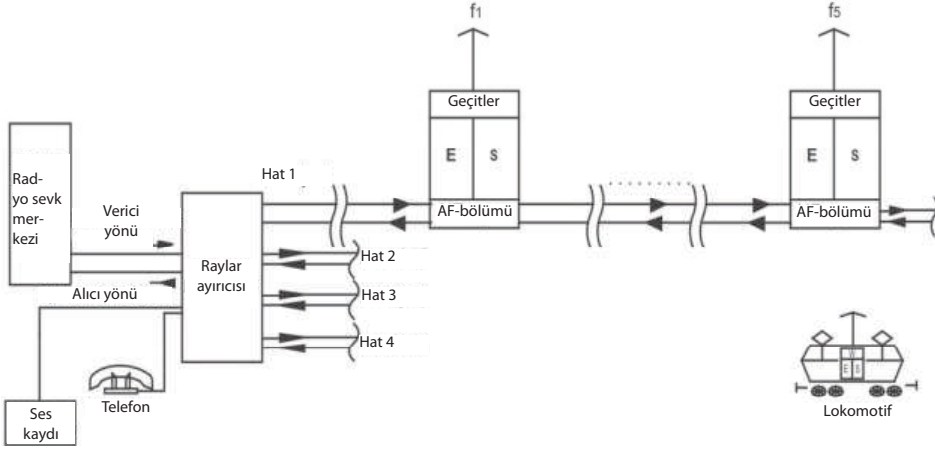


Res. 9-7. Radyo röle iletimin blok-modeli

Böyle iletimlerde bir analog modülasyon türü olan frekans modülasyonu uygulanıyor. Analog iletimi eksikleri feding olayı sırasında alıcıda gürültü seviyesinin artmasından görünüyor. Radyo röle cihazlarında modülasyon iletim sırasında önemli bileşenlerden biridir. Modülasyonla sinyalin taşıyıcısı yanısıra, bilginin iletimi sırasında birçok özellik belirleniyor. Daha eski radyo röle cihazlarında en çok frekans modülasyonu ve kanalların zaman dağıtımı ile vurulu modülasyon kullanılıyormuş. (Res.9-8)'de gibi böyle radyo röle bağlantıları iletimde kullanılıyormuş ve demir yollarında, güvenlik güçlerin bağlantılarında, çalışma kurumların bağlantılarında ve benzer alanlarda hala kullanılıyor.

Örneğin, demir yollarında radyo röle iletimiyle bir çözüm inceleyeceğiz. Demir yolu trafiğinde, lokomotiflerin ve sevk merkezi arasında doğrudan bağlantının kurulması uzun süredir devam eden eğilimdir. Radyo ci-

hazlar ve farklı demir yolu sistemleri arasında uyum sağlamak için, sevk merkezi ve lokomotifler arasında bağlantının gerçekleşmesi amacıyla farklı teknik çözümler uygulanıyor. En yaygın olarak konuşma gizliliği ile dupleks bağlantısı kullanılıyor. Aşağıdaki blok-şemasında (Res.9-8) demir yollarında böyle bir bağlantının gerçekleşmesi için örnek verilmiştir.



Res. 9-8. Demir yollarında radyo röle bağlantısı

Lokomotifin radyo sevk sistemi sabit, taşınabilir bölüme ve verici ve alıcı hattı olan modülasyon hattına ayrılıyor. Radyo sevk sisteminin sabit bölümü, sentralden, yardımcı kumanda cihazlarından, raylar ayırıcısından, anten sistemli radyo istasyonlarından ve elektrikle besleme için yardımcı cihazlardan oluşuyor. Radyo sevk sisteminin taşınabilir (mobil) bölümü: antenli taşınabilir radyo cihazı, ana ve yan ayırıcı, ana ve yan kumanda cihazları ve yardımcı devrelerden oluşuyor.

İletimde daha yüksek kalite elde etmek için, tren hatı uzunluğuna, hat alanının 95% kapsayan, iki kat daha yüksek elektromanyetik alan elde eden radyo istasyonları yerleştiriliyor.

Sabit ve taşınabilir radyo alıcıların hassasiyeti  $1mV$ 'tan daha iyidir, sinyal/gürültü oranı ise  $20dB$ 'dir.

Lokomotifin anteni yarım dalga dipol antenidir. Cihazlar frekans modülasyonu kullanıyor, radyo istasyonlarında ise faz modülasyonu da kullanıla-

bilir. Böylece jenaratörün daha yüksek sabitliği (kararlılığı) sağlanıyor. Frekans modülasyonu 16F3 ile ilşaretleniyor, kanalların genişliği 25kHz'tir ve izin verilen en yüksek frekans sapması 5kHz'tir.

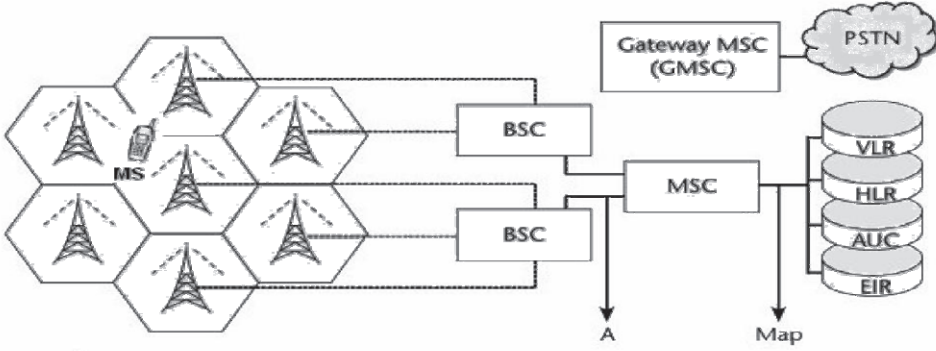
Rayların kapsanması için frekans planı, UIC gibi uluslar arası organizasyonların önerilerine dayanıyor ve ulusal standartlarına uygundur. Bizde ve başka bazı ülkelerde, lokomotiflerdeki vericiler için 457,400MHz ile 458,450MHz arası frekanslar kullanılıyor, raylar radyoistasyonları için ise 467,400MHz ile 468,450MHz arası frekanslar kullanılıyor.

### 9.4. TAŞINABİLİR (MOBİL) İLETİMİN YAPISI (GSM)

Radyo röle iletimi günümüzde cep telefonculuğunda ve kablosuz İnternette kullanılıyor. Cep telefonculuğunda en sıkça kullanılan radyo röle bağlantının temel özellikleri şunlardır: konuşmanın dijital iletimi, SMS ve MMS kısa mesajların iletimi ve GPRS ve EDGE veri iletimi. Dijital RR-iletimin eksikliği, temel mesajın iletimi için, iletim hızının artmasıyla genişleyen, büyük frekans kapsamının aratmasıdır ve feding olayının meydana gelme olanağıdır.

Selüler (hücresele) mobil iletişimleler 1980 yılından ortaya çıkıyor ve günümüze kadar büyük ilerleme görüyorlar. Birinci ticari hücresele sistem ABD'de AMPS (Advanced Mobile Phone System) adı altında gelişmiş. Mobil telefon sistemleleri birkaç ülkede farklı özelliklerle ve standartlarla gelişmiş. Avrupa'da 1990 yılında ETSI (European Telecommunication Standards Institute) tarafından verilen önerilerle GSM (Groupe Special Mobile yada, son zamanlarda, Global System for Mobile communication anlamıyla) mobil iletim standardı gelişmiş. Selüler kavramı (cell – hücre) tayfın ve sistem kapasitenin birikme sorununu çözüyor. Selüler kavrama göre, tek bir verici birden fazla küçük güçlü vericilerle değiştiriliyor.

GSM'nin yapısı o şekildedir ki bütün alan hücrelere, yani selüellere ayrılıyor. Her hücrenin mobil iletişim merkezi tarafından kontrol edilen birer baz istasyonu vardır. Veri tabanı radyo röle vericilerle değişim yapıyor. GSM iletimin yapısı Res.9-9'da verilmiştir.



Res. 9-9. GSM iletimin yapısı

GSM sistemi aralarında ağla bağlanmış olan üç bağlı altistemden oluşuyor. Bu altistemler şunlardır:

- baz istasyonlar altistemi BSS (Base Station Subsystem);
- ağ ve iletişim altistemi NSS (Network and Switching Subsystem), ve
- bakım ve kontrol altistemi OMS (Operation and Maintenance Subsystem).

Baz istasyonlar altisteminde büyük sayıda MS ve BSC mobil istasyonları da kapsamıştır.

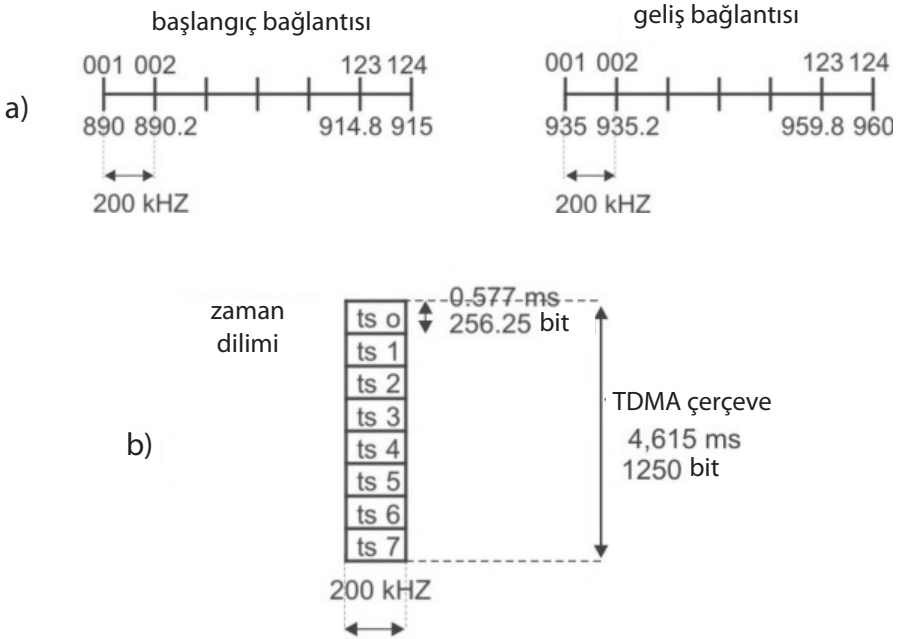
Ağ altistemin merkezi bileşeni MSC komutasyon merkezidir. MSC hücresel ağ ve sabit ağ arasında arabirim tanınıyor (PSTN - Public Switched Telephone Network). Onun içeriğinde şunlar giriyor:

- HLR (Home Local Register) – kullanıcıların ve onların kimliği hakkında verilerin korunduğu kayıt (yazmaç).
- VLR (Visitor Local Register) – verilen MSC'nin hizmet ettiği hakkında önemli veriler içeren kayıt.
- AUC (Authentication Center) – doğrulama merkezi, radyokanal aracılığıyla çağrının doğrulanması ve şifrelemesi için kullanılan, her abonenin SIM-kartında kaydedilmiş olan gizli anahtarın kopyasını saklayan korumalı veri tabanıdır.
- EIR (Equipment Identify Register) – donanım tanımlama kaydı, yani çalınmış ya da donanımda bazı hasardan dolayı ağda kullanılmayan mobil donanımın sıra numaraları hakkında bilgiler içeren veri tabanı

Uluslar arası frekans dağıtımını yöneten Uluslararası Telekomünikasyon Birliği, GSM-sistemine belli frekans kapsamı verilmiştir. Kullanılan kapsam



iki kapsama ayrılıyor. 890MHz'ten 915MHz'e kadarki kapsam başlangıç (çıkış) bağlantı içindir (mobil istasyondan baz istasyonuna doğru), 935-960MHz kapsamı ise gelen bağlantı içindir (baz istasyonundan mobil istasyonuna doğru). Radyo tayfı sınırlıdır ve tüm kullanıcılara ayrılıyor. Bu yüzden kullanıcılar arasında frekans kapsamlarını ayırma yöntemi gelişmiştir. GSM-sisteminde bu yöntem, fazla kanala yada FDMA (Frequency Division Multiple Access) zaman ve frekans dağıtımın kombinasyonu tanımlıyor. FDMA 124 taşıyıcı frekansta, aralarında 200kHz'e ayrılmış 25MHz frekans kapsamlarından oluşuyor. Konuşmanın kodlanması, 20ms uzunluğunda her örnek için 260'er bitlik bloklarla yapılıyor. Bitler 50 bitten 132 bite kadar 3 sınıfa ayrılmıştır. FDMA çerçevesi ve TDMA çerçevesi Res.9-10'da verilmiştir.



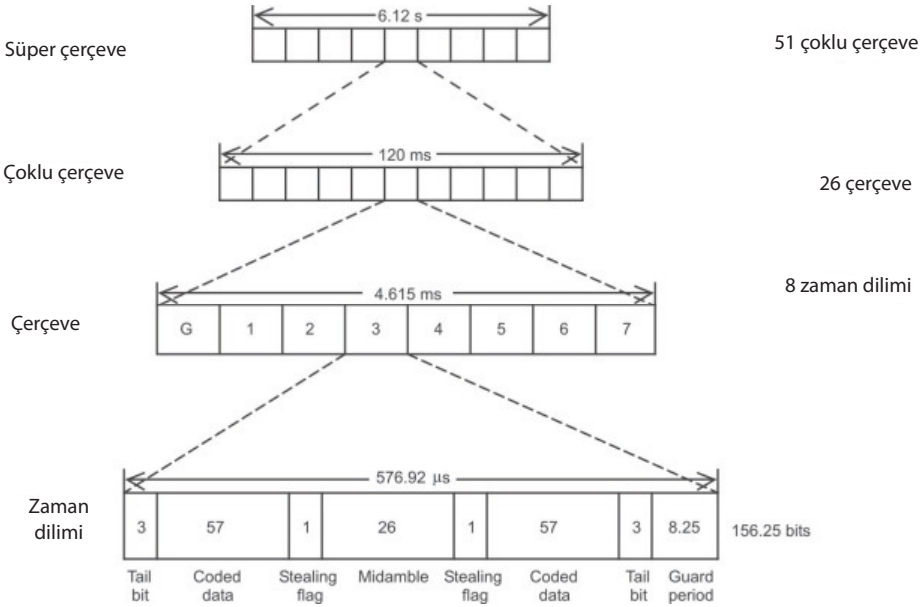
Res. 9-10. FDMA-çerçeve (a) ve TDMA-çerçeve (b)

TDMA-şemasında temel zaman birimi, yaklaşık 0,577ms süren ve „burst” olarak adlandırılan peryottur. (timeslot – zaman dilimi). Sekiz „burst” peryodu, 4,615ms süren TDMA çerçevesine gruplaştırılıyor. TDMA çerçevesi mantıksal kanalların tanımlanmasında temel birimi oluşturuyor. TDMA-çerçevenin içinde bir „burst” peryodu fiziksel kanal olarak adlan-

dırılıyor. Kanallar, mobil istasyonuna verilmiş olan erilen kanallara, ve mobil istasyonların alım için dahil oldukları zaman kullanılan ortak kanallara ayrılabilir.

Trafik (aktarım) kanalları konuşma ve veri aktarımın gerçekleşmesi için kullanılıyor. 26 TDMA-çerçveden oluşmuş grup olarak tanımlanan çoklu çerçeve yardımıyla tanımlanıyorlar. Çoklu çerçevenin uzunluğu 120ms'dir, ve bundan „burst” peryodun da uzunluğu belirleniyor (120ms 26 çerçeve bölünüyor, ondan sonra çerçeve başına 8 „burst” ile bölünerek 0,577ms elde ediliyor). Sıfırncı çerçevede bu 26 çerçeveden, 24'ü aktarım (trafik) için kullanılıyor, biri SACCH (Slow Associated Control Channel) olarak adlandırılan kontrol kanalı için kullanılıyor, ve biri kullanılmıyor. „burst” çerçevenin ve çoklu çerçevenin yapısı Res.9-11'de gösterilmiştir.

Tam hızla (oran) (full - rate traffic channel) bu trafik kanalların dışında, yarı hızla (oran) (half - rate traffic channel) trafik kanalları da tanımlanmıştır, ancak bunlar hala kullanım görmüyor.



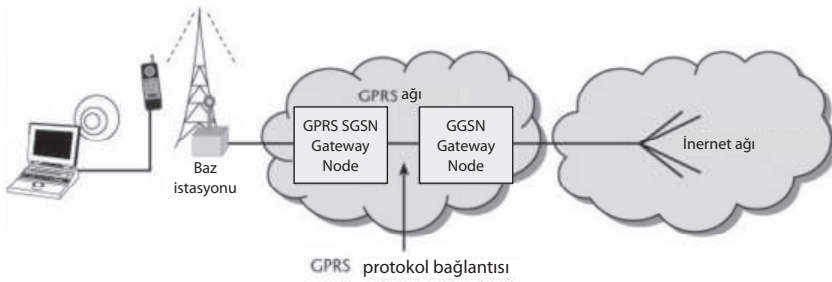
Res. 9-11. GSM sisteminde çerçevenin, çoklu çerçevenin ve süper çerçevenin yapısı

Yarı hızla trafik kanalları, yarı hızla konuşma için kodlayıcıların tanımlanmasından hemen sonra sistemin kapasitesini efektif olarak iki kat ar-

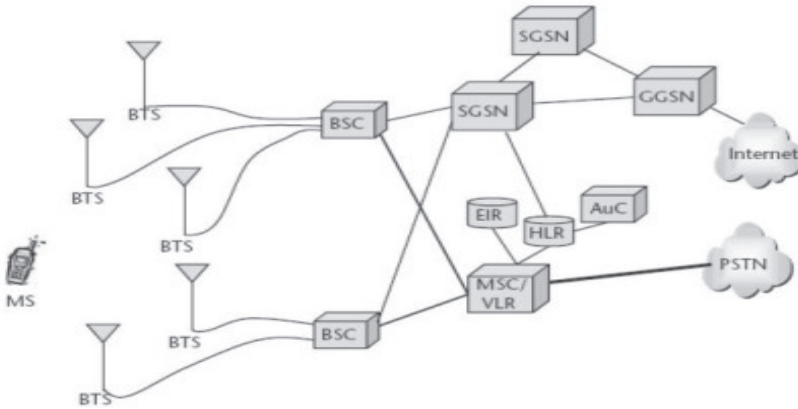
tıracak. Sekizde bir hızla (Eight - rate Traffic Channel) trafik kanalları da aynı şekilde tanımlanmıştır ve sinyalleşme için kullanılıyorlar. Referanslarda bu kanallara SDCCH (Stand Alone Dedicated Control Channels) denir, bağımsız verilmiş kontrol kanalları anlamına geliyor.

### 9.5. VERİ İLETİMİ

Veri iletimi (aktarımı) için GPRS (General Packet Radio Services) radyo ağı kullanılıyor. Bu ağ paket iletimi ve internet bağlantıdan oluşuyor. Paketlerin iletimi ya da SGSN(Serving GPRS Support Node) ve GGSN (Gateway GPRS Support Node) internet bağlantısı. IP paketlerin iletimi bağımsız ya da GSM ağının geliştirilmesiyle gerçekleştirebilir. GPRS ağın yapısı Res.9-12'de verilmiştir.



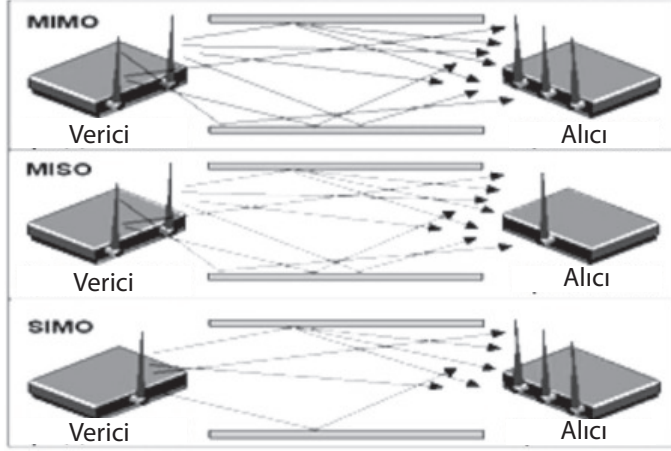
Res. 9-12. GPRS ağın yapısı



Res. 9-13. GSM ve GPRS ağların arasındaki bağlantı

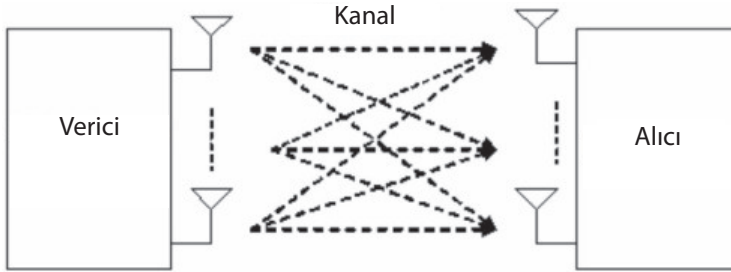
GSM ve GPRS ağları arasındaki bağlantı ise Res.9-13'te verilmiştir.

İletim hızının artması için, standart dupleks ve çoğullama bağlantı türleri yanısıra, Res.9-14'te gösterilen birden fazla taşıyıcı (multi-carrier) ya da fazla antenli MIMO (multiple-input multiple-output) teknikleri gibi yeni teknikler de uygulanıyor.



Res. 9-14. RR-iletiminde farklı bağlantıların farklı yapımları

İletim hızının artması için, verici ve alıcı arasında toplam akışı fazla yollara ya da fazla kanallara ayırma süreci de kullanılabilir (Res.9-15).



Res. 9-15. RR-iletiminde birden fazla kanallar

Verici ve alıcı arasında farklı yönlerde ve farklı kullanıcılar arasında bağlantı sağlayan büyük sayıda kanallar kuruluyor.

## 9 ÖZET

- ❖ Kablosuz iletim sistemleri şunlardır: radyo yayın iletimi (R) ya da radyo röle iletimi (RR). Radyo yayın iletiminin bir vericisi ve büyük sayıda kullanıcıları var. Radyo röle bağlantıları aynı zamanda birden fazla ayrı kanaldan iletim sağlıyorlar;
- ❖ Radyo röle bağlantılarının özellikleri şunlardır: onların aracılığıyla geniş frekans kapsamı aktarılıyor; frekans modülasyonu ve vuru modülasyonunu kullanıyorlar; mikrodalga alanı için büyük odak noktaları ve küçük ışınım açıları olan antenler kullanıyorlar ve antenler küçük boyutludur ve W sıralarından düşük güçleri var;
- ❖ Radyo röle iletiminde, radyo istasyonların antenleri birbirine karşı yerleşebileceği orta mesafe 40 ile 60km arasında olabilir;
- ❖ Radyo röle iletimi: cep telefonculuğunda – 34MHz'ten (1993 yılında) 1GHz'e kadar (bugün) ve kablosuz İnternette (farklı kurumlar, kamu alanlar, okullar ve benzer) kullanılıyor;
- ❖ RR-iletiminde alan çoğullamalar, mobil (taşınabilir) iletiminde kullanılıyor. Bu iletimde sınırlı kullanıcı sayısı için sektörlere, yada hücrelere ayırımı yapılıyor;
- ❖ Frekans çoğullaması selüler (hücresel) ayırma kombinasyonunda kullanılıyor. Bu, FDM (frekans çoğullaması) uygulayan, sınırlı kullanıcı sayısı ile nispeten basit bir çözümdür;
- ❖ RR-sistemlerinde kullanılan zaman çoğullaması, kanalların frekans dağıtımı ve WLAN ağ çoğullayıcı ve 2G iletimin kombinasyonudur. Zaman çoğullamasında aynı bir cihaz birden fazla kanalla iletişim kurabiliyor;
- ❖ Spread spectrum tayfında, kullanıcıların sayısı çok büyük çapta artıyor, iletim bilgi kapsamından daha geniş kapsamdadır ve karışmalara karşı büyük direnci vardır;
- ❖ GSM (Groupe Special Mobile) ya da son zamanlarda (Global System for Mobile communication) anlamındadır. 890 ile 915MHz arasında olan kapsam, başlama (çıkış) bağlantı için (mobil istasyondan baz istasyonuna doğru) kullanılıyor, 935 ile 960MHz arasındaki kapsam ise

geliş bağlantı (baz istasyonundan mobil istasyonuna doğru) için kullanılıyor;

- ❖ GSM-sisteminde yöntem, birden fazla kanalda ya da FDMA (Frequency Division Multiple Access) zaman ve frekans dağıtımının kombinasyonu tanımlıyor. FDMA, 124 taşıyıcı frekansta, aralarında 200kHz'e ayrılmış olan 25'er MHz frekans kapsamalarından oluşuyor. Konuşmanın kodlaması, her 20ms'lik örnek için 260'er bitlik bloklarla yapılıyor. Bitler, 50 bitten 132 bite kadar 3 sınıfa ayrılmıştır. FDMA çerçevesi ve TDMA çerçevesi.

### SORULAR VE ÖDEVLER

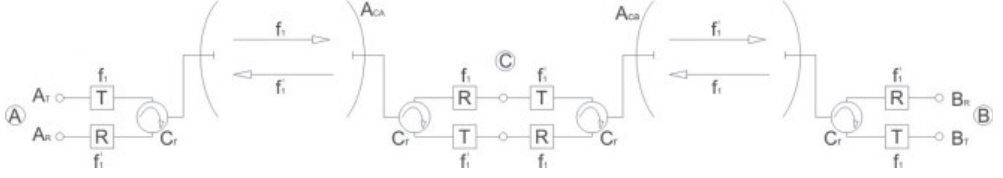
1. Radyo röle ile radyo yayın iletim sistemleri arasında fark nedir?
2. Cep telefonculuğunda iletim için hangi çoğullamalar uygulanıyor?
3. GSM'nin yapısına göre, HLR'nin işlevi nedir?
4. GSM'nin yapısına göre, VLR'nin işlevi nedir?

#### Aşağıdaki cümleleri doğru şekilde tamamla!

- Radyo yayın iletimi \_\_\_\_\_ verici ve \_\_\_\_\_ alıcı ile karakterize oluyor.
- Radyo röle bağlantılarında en sıkça ve yaygın rastlanan olumsuz olay \_\_\_\_\_ olayıdır.
- Kablosuz iletimin taşınabilirliği terminain pozisyonu erişim noktasına göre \_\_\_\_\_
- Kullanıcı pozisyonunu değiştirirse ve bir ağdan başka bir ağa geçerse, o zaman \_\_\_\_\_ alanından geçtiği anlamındadır.
- Kablosuz İnternet \_\_\_\_\_ iletim kullanıyor.
- Verilerin iletimi \_\_\_\_\_ internet bağlantılarının iletiminden oluşuyor.

Verilen cümleyi doğru şekilde tamamla!

- Aşağıdaki resimde \_\_\_\_\_ tanımlanmıştır



Şu bloklar neyi tanımlıyorlar:

T - \_\_\_\_\_

R - \_\_\_\_\_

# EKLER

## Ek 1

### PRATİKTE BİLİLEN MİKROFONLAR

#### AKG C 414B-ULS

AKG C 414B-ULS, büyük diyaframlı ve dört yönlendirme özelliği olan iki kapsüllü kondenser mikrofondur. Şu yönlendirme özellikleri vardır: sekizli, daire, kardiyoT ve hiper kardiyoT. Bunun dışında, üç pozisyonlu (0dB, 10dB yada 20dB) ve alçak frekansların (12dB/okt.'la 75Hz ve 150Hz'e) azalması (roll-off) ile önzayıflama anahtarı var.

414 vokal ve müzik kayıtları için endüstriyel (sanayi) standarttır. Onun temel özelliği 20Hz'ten 20kHz'e kadar düzdür ve enstrümanlarla farklı alım için uygundur. Bu mikrofona uzun zaman vokal ve enstrüman kayıtları için genel amaçlı mikrofona olarak kullanılmış. Max SPL değeri 140dB'dir, gürültünün eşdeğer seviyesi (EIN) ise 14dB-A'dır, 126 dB dinamik kapsamı var. Bu yüzden, sıkça vuruşlu bölüm için kullanılıyor. Açık ve saydam ses çıkarıldığından dolayı bu mikrofona karşı büyük ilgi gösteriliyor ve nefesli, üfle-meli çalgılar, piyano, akustik gitar, telli enstrümanlar ve zillerin (simballe-rin) kaydedilmesi sırasında geniş çapta kullanılıyor.

Bu mikrofona iki versiyonu var, 48V büyük elektrik kaynakla çalışıyor, ancak 9V gibi daha düşük elektrik kaynaklarla da çalışabilir. C 414B-TL versiyonu transformatörsüzdür. Bu durumda alçak frekansların çalınması daha iyidir. Yüksek fiyatından dolayı, 414 tam olarak profesyonel mikrofondur.





### NEUMANN TLM 170

TLM 170, U87'den biraz daha pahalıdır ve transformatörsüzdür. Beş özelliğe sahiptir: daire, geniş kardiyo, kardiyo, hiperkardiyo ve sekizli.



40Hz'ten 18kHz'e kadar çok düz frekans özelliği var ve çok küçük biçim bozukluklarla öne çıkıyor. Alçak frekanslar için roll-off filtresi gibi 100Hz'te çalışan, 10dB için zayıflatıcı yerleşmiştir. Max SPL 140dB'dir, EIN ise 14dB-A'dır. Bas-vurmalılar dahil, tüm vurmalı ve zil türleri ile kullanılıyor.

### BEYER MC 740

MC 740 iki kapsüllü, transformatörlü, 40Hz'ten 20kHz'e kadar düz özelliklidir. Beş yönlendirme özelliği var: daire, geniş kardiyo, kardiyo, hiper kardiyo ve sekizli. Ek denetleyici yardımıyla yönlendirme özelliğinin uzaktan taşınması için hazırlık yapılmıştır. Bas roll-off 80Hz'te açılabilir. 10dB için zayıflatıcıyla Max SPL 144dB değerindedir, EIN ise 17dB-A'dır.



Çok aranan bir modeldir ve vokallerle, piyanoyla, telli, nefesli, üfleme- li enstrümanlar ve akustik gitarla çalışmak için favori model olmuştur. Çok alçak kendi gürültüsü var ve zilli enstrümanlarla yada çinellerle – ziller çift- lerle (hi-hat) kullanmak için uygundur; bir çift tüm vurmalı çalgıları örtebi- liyor. Yukarıda yerleştirmek için uygundur, eksen dışında renklendirme çok düşüktür ve her kutup özellikleri için düz frekans özelliği vardır.

### SENNHEISER MKH 40

Tüm MKH mikrofon dizisi sabitleşmiş yönlendirme özelliklidir, çok alçak kendi gürültü ve yüksek hassasiyet elde etmek için destek gerilimden dolayı Rf-kapsülü kulla- nan bir diyaframı var. İki zayıflatıcı bulunuyor (10dB'den ve bas roll-off). Mikrofonlar ses basıncının aşırı seviyeleri sırasında çalışıyor, sakın akustik enstrümanlardan rok-vurmalı enstrümanlara kadar.



MKH 40 kardiyotlu versiyonudur ve tüm vokal ve konuşma uygulamaları için yanısıra vurmali enstrümanlar dahil tüm geleneksel enstrümanlar için öneriliyor. Bütün MKH dizisi 48V standart elektrik gücüyle çalışıyor ve çok düz frekans özelliği var. Tek simterik kapsül alçak biçim bozukluk, özellikle alçak intermodülasyon biçim bozukluk seviyesi sağlıyor. Farklı koşullarda ürettikleri temiz, sakın ve doğru ses dolayındanbu mikrofona karşı da saygı gösteriliyor.

### BRUEL & KJAER 4006



- Brüel&Kjær, ya da yeni adıyla DPA bilinen en kaliteli kondenser mikrofondur üreticisidir. 4006 daireseldir, back-elektret. Eksenin dışında olağüstü düz ve düzgün özelliğe sahiptir ve tüm ses kapsamı için ayrıdan düz özelliği var. Genel amaçlar için kullanılıyor, sinyalin alçak seviyeli kayıtlar, solistler ve topluluklar inçekimleri için kullanılıyor. Temiz ve renklendirilmemiş ses veriyor. Vokaller ve klasik enstrümanların kaydedilmesi için popüler olmasına rağmen, 4006 aynı zamanda eksen etrafındaki özelliğin doğruluğundan dolayı vurmali enstrümanlar için de kullanılabilir.

### SHURE SM 57

Stüdyolarda, elektrik gitar gibi rock enstrümanlar, saksofon, üflemeli ve vurmali enstrümanlar için geniş çapta kullanılıyor. SM 57'in de olduğu gibi, kardiyot özelliği var ve canlı performans dayanmak için sıkıca yapılmıştır. Frekans özelliği 50Hz'ten 15kHz'e kadar yayılıyor. SM 58 ve SM 57 şimdilik beta-sürünümle mevcuttur. Büyük hassasiyet, 58 modelinde ise ayrıdan 40Hz' kadar alçak frekanslar için genişletilmiş geçirme kapsamı sağlayan, yepyeni neodymium kapsülleri içeriyorlar. Üst sınır frekansı değış-



memiştir. Yapısında diğer geliştirmeler ellerden gürültüyü ve presence pick'i azaltırıyor.

### **12.3.9 AKG D 112**



D 112 modern bas-vurmalı enstrümanlar ve bas-gitarlerin kaydedilmesi için yapılmıştır. Bu model dinamik mikrofondur, büyük kapsülü var, 20Hz'ten 17kHz'e kadar kapsamı örten frekans özelliği ve dengelemeden prezens sağlayan yaklaşık 4kHz dar prezensi var. Vurmalı enstrümanların ve bas-gitarların sesi temiz ve karışımında tanınabilir. Trombon ve trompet gibi hornalar için kullanımı sağlayan rüzgar siperi vardır. Kutup özelliği kardiyot şeklindedir.

**EK 2****ÖDEVLER:**

1. Birinci sıradan pasif geçit projelendirsin, eğer elimizde olan bas ve yüksek seslinizin şu parametreleri varsa:

$$R_w = R_t = 8\Omega \quad f_c = 2.500\text{Hz}$$

2. İkinci sıradan geçit projelendirsin, eğer elimizde olan bas ve yüksek seslinizin şu parametreleri varsa:

$$R_w = 4\Omega \quad R_t = 8\Omega \quad f_c = 4.000\text{Hz}$$

3. Üçüncü sıradan ikiyönlü geçit projelendirsin, eğer elimizde olan bas ve yüksek seslinizin şu özellikleri varsa:

$$R_w = R_t = 8\Omega \quad f_c = 3.000\text{Hz}$$

**Çözümler:**

1.  $R_w = R_t = 8\Omega$

$$f_c = 2500\text{Hz}$$

$$L = \frac{R_w}{2\pi f_c} = \frac{8}{2\pi \cdot 2500 \cdot 8} = \frac{8}{15700} \quad L = 0.000509$$

$$L = 509\mu\text{H}$$

$$C = \frac{1}{2\pi f_c \cdot R_t} = \frac{1}{2\pi \cdot 2500 \cdot 8} = \frac{1}{125600} \quad C = 0.00000796$$

$$C = 7\mu\text{F} = 796\text{nF}$$

2.  $R_w = 4\Omega \quad R_t = 8\Omega \quad f_c = 4000\text{Hz}$

$$L_1 = \frac{1.414 R_w}{2\pi f_c} = \frac{1.414 \cdot 4}{2\pi \cdot 4000} = \frac{1.414}{6280} \quad L_1 = 225\mu\text{H}$$

$$L_2 = \frac{R_t}{1.414 \cdot 2\pi f_c} = \frac{8}{1.414 \cdot 2\pi \cdot 4000} = \frac{1}{4439.96} \quad L_2 = 225\mu\text{H}$$

$$C_1 = \frac{1}{1.414 \cdot 2\pi \cdot 4000 \cdot 4} = \frac{1}{142078.72} \quad C_1 = 7\mu\text{F}$$

$$3. \quad R_W = R_l = 8\Omega$$

$$f_c = 3000\text{Hz}$$

$$L_1 = \frac{1.5R_W}{2\pi f_c} = \frac{1.5 \cdot 8}{2\pi \cdot 3000} = \frac{12}{18840}$$

$$L_1 = 636\mu\text{H}$$

$$L_2 = \frac{0.5R_W}{2\pi f_c} = \frac{0.5 \cdot 8}{2\pi \cdot 3000} = \frac{4}{18840}$$

$$L_2 = 212\mu\text{H}$$

$$L_3 = \frac{0.75R_W}{2\pi f_c} = \frac{0.75 \cdot 8}{2\pi \cdot 3000} = \frac{6}{18840}$$

$$L_3 = 318\mu\text{H}$$

$$C_1 = \frac{1.333}{2\pi \cdot f_c \cdot R_W} = \frac{1.333}{2\pi \cdot 3000 \cdot 8} = \frac{1.333}{150720}$$

$$C_1 = 8\mu\text{F} = 8844\text{nF}$$

$$C_2 = \frac{0.667}{2\pi \cdot f_c \cdot R_l} = \frac{0.667}{2\pi \cdot 3000 \cdot 8} = \frac{0.667}{150720}$$

$$C_2 = 4\mu\text{F} = 4425\text{nF}$$

$$C_3 = \frac{2}{2\pi \cdot f_c \cdot R_l} = \frac{2}{2\pi \cdot 3000 \cdot 8} = \frac{2}{150720}$$

$$C_3 = 13\mu\text{F} = 13270\text{nF}$$

#### MAKARANIN HESAPLANMASI

$$l = 3.5\text{cm}$$

$$h = 0.7\text{cm}$$

$$D = 2\text{cm}$$

$$L = 223\mu\text{H}$$

$$L = \frac{78.7 \cdot D^2 \cdot N^2}{3D + 9l + 10h} \cdot 10^{-3}$$

$$N = \sqrt{\frac{3D + 9l + 10h}{78.7 \cdot D^2 \cdot 10^{-3}} \cdot L}$$

$$223 = \frac{78.7 \cdot 4 \cdot N^2}{3 \cdot 2 + 9 \cdot 3.5 + 10 \cdot 0.7} \cdot 10^{-3}$$

$$223 = \frac{314.8 \cdot N^2 \cdot 10^{-3}}{44.5}$$

$$223 = 0.007N^2 \quad N^2 = \frac{223}{0.007}$$

$$N = \sqrt{31857.14}$$

$$N = 178.4 \approx 179$$

$$d(\text{mm}) = \frac{h(\text{mm}) \cdot l(\text{mm})}{N} = \frac{35 \cdot 7}{178}$$

$$d = 1.37\text{mm}$$

$$P = 50\text{W}$$

$$P = R \cdot I^2 \quad I = \sqrt{\frac{P}{R}} = \sqrt{\frac{50}{4}} = 3.5\text{A}$$

$$d = \sqrt{0.5 \cdot 3.5} = 1.32$$

## SES KUTUNUN PROJELENMESİ

AFK(woofer)49 – 8000 AFK(tweeter)3500-30000

$$\begin{aligned}
 P_{noml} &= 50W & D_{max} &= 146m & Z_{noml} &= 8\Omega \\
 Z_{noml} &= 4\Omega & Q_{ts} &= 0.3 & D_{max} &= 66mm \\
 f_s &= 49Hz & Q_{tc} &= 0.5 & & \\
 V_{as} &= 16l & & & & 
 \end{aligned}$$

$$V = \frac{V_{as}}{\left[\left(\frac{Q_{tc}}{Q_{ts}}\right) - 1\right]} = \frac{16}{\left[\left(\frac{0.5}{0.3}\right)^2 - 1\right]} = \frac{16}{1.7} \quad \mathbf{V = 9dm^3}$$

$$a = 200mm$$

$$x_1 = \frac{200 - 146}{2} = \frac{54}{2} \quad \mathbf{x_1 = 27mm}$$

$$l = (2n + 1) \cdot \frac{\lambda}{4}$$

$$\lambda = \frac{c}{f_c} = \frac{343}{3500} \quad \mathbf{\lambda = 0.098m/s}$$

$$l = (2n + 1) \cdot 0.0245 \quad l = 7 \cdot 0.0245 \quad \mathbf{l = 0.1715m}$$

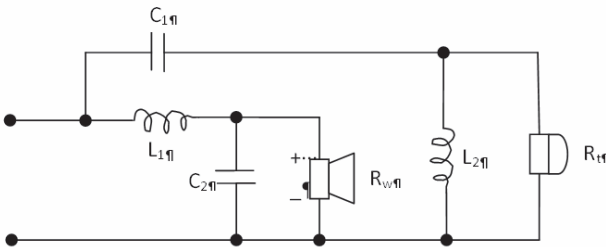
$$x_2 = l - \frac{D_1}{2} - \frac{D_2}{2} = 171.5 - \frac{146}{2} - \frac{66}{2} = 171.5 - 73 - 33 \quad \mathbf{x_2 = 65.5mm}$$

$$h < 3.5a \quad h < 3.5 \cdot 200 \quad h < 700mm$$

$$x_3 = 37mm$$

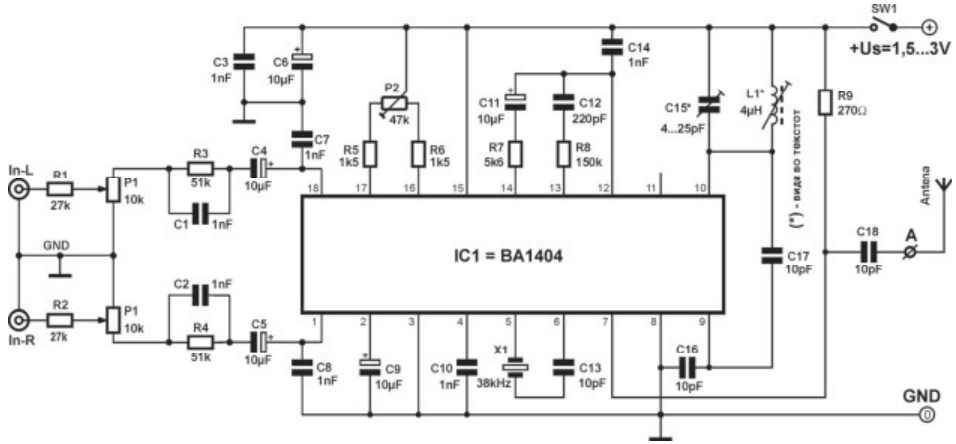
$$h = 2 \cdot 37 + 146 + 66 + 65.5 \quad \mathbf{h = 351.5mm}$$

$$b = \frac{V}{a \cdot h} = \frac{9 \cdot 10^6}{200 \cdot 351.5} \quad \mathbf{b = 128mm}$$



## EK 3

Bu, ana bileşimi olarak BA1404 tünleşik devrenin yer aldığı küçük bir FM-stereo vericisi tanınıyor. Bu verici UKD alanında (88-108)MHz çalışıyor. Onun girişinde mono ya da stereo ses kaynağı bağlanabilir, örneğin: bilgisayar, laptop (dizüstü bilgisayar), CD yada DVD, MP3/MP4 çalar, diskmen. Onun çıkışında ise, etrafındaki bulunan radyoalcılar tarafından alınabilir sinyal yayıyor.



Bu yapımla, bir CD çalardan, ev tesisinde/iş yerinde iki alanda aynı zamanda müzik çalınabilir. Gösterilen vericinin sinyali, bu frekans çalışma alanı olan ve vericiyi yakın etrafında bulunan her FM-radyoalcı tarafından alınabilecek ve çalınabilecek.

# КАУНАКЌА:

1. **Michael Talbot-Smith**, *Audio Engineer's reference book*,; Boston, 1999
2. **Andreas Spanias Ted Painter Venkatraman Atti** *Audio Signal processing and Coding*, 2007.
3. **Yovanovska, I.**, *Елекѿронски уреѿи за III жодина елекѿроѿехничар - елекѿроничар*, Просветно дело, Скопје, 2001.
4. **Lukatela, G., Drayic D.**, *Диѿиѿалне ѿелекомуникаѿије*, Завод за уѿбенике и наставна средства, Београд, 1988.
5. **Milisavlyevic R.**, *Раѿио-ѿредајници*, Завод за издаваштво, Београд, 1980.
6. **Obradovic, M., Martinovic, D.**, *Елекѿронски ѿојачавачи*, Завод за уѿбенике, Београд, 2002г.
7. **Serafimovski, M.**, *Обрабојка на аудиосиѿналојѿ, Емиѿер*, 1999г.
8. **Ristic, M.**, *Раѿио-ѿехника, Београд, 1986.*;
9. **Kurtovic, H.**, *Основи ѿехничке акусѿиике*, Београд, 1977.
10. **E.F. Warnke**, *Construction of tape-recorder*
11. **Filipovic, M.**, *Раѿиоѿриемници*, Завод за уѿбенике, Београд, 1988.
12. **Šesterikov, B.**, *Сѿереофонски раѿиоѿриемници*:
13. **Kurtovic, H.**, *Озвучување*, Београд, 1981.
14. **Markovic, A.**, *Раѿиоѿехника*, Београд 1990г.
15. **Yovanovska, I.**, *Технолоѿија на раѿио и ѿелевизиски ѿриемници*, Просветно дело, 1986.







**İskra Yovanovska  
Yasna Domazetovska**

# **ELEKTRONİK KURGULAR VE CİHAZLAR**

**SEÇMELİ DERS**

**III sınıf**

**Üsküp, 2011**



# İçindekiler

---

<b>1. OPTOELEKTRONİK KURGULAR VE CİHAZLAR</b>	<b>261</b>
1.1 IŞIĞIN ÖZELLİKLERİ	262
1.2 OPTOELEKTRİK ÇALIŞMA PRENSİBİ	264
1.3 OPTOELEKTRİK ELEMANLAR	268
1.3.1 Fotodetektörler	268
1.3.2 Fotorezistör	270
1.3.3 Fotodiyot	271
1.3.4 LED Diyodu (Light Emitting Diode)	273
1.3.5 Fototransistör	274
1.3.6 Fotojeneratör	275
1.3.7 Fotoduyarlı anahtar(fotoröle)	276
1.4 OPTOELEKTRONİK KURGULAR VE CİHAZLAR	277
1.4.1 Işık Çoğaltıcılar	278
1.4.2 Işık Ölçerleri	279
1.4.3 Optoelektronik Sayaçlar	282
1.4.4 Fotookuyucular	283
1.4.5 CCD sensörler	285
1.4.6 OPTOBAĞDAŞTIRICI	293
1.5 LAZERLER	293
1.5.1 Yakut Lazeri	295
1.5.2 Yarıiletken Lazer	296
1.5.3 Lazerlerin Pratik Kullanımı	297
<b>2. TRİSTÖRLER</b>	<b>302</b>
2.1 TRİSTÖR YARIİLETKEN ELEMANI	302
2.2 TRİSTÖR TÜRLERİ	305
2.3 TRİSTÖRLERİN KULLANIMI	306
2.3.1 AC/DC Dönüştürücüler	308
2.3.2 DC/AC Dönüştürücü (Evirici)	317
2.3.3 DC/DC Dönüştürücüler	322
2.3.4 AC/AC Dönüştürücüler	324
<b>3. AYARLAMA DEVRELERİNDE ELEKTRONİK KURGULAR VE CİHAZLAR</b>	<b>329</b>
3.1 OTOMATİK YÖNETİM VE DÜZENLEME SİSTEMLERİ	329
3.1.1 Otomatik Yönetim Sistemlerin Ayırımı	330
3.1.2 Otomatik Yönetim Sistemlerin Yapısı	332
3.1.3 Otomatik Yönetim Sisteminin İşlevsel Şeması	334
3.2 ELEKTRİKLİ ÖLÇÜ DÖNÜŞTÜRÜCÜLERİ	336
3.2.1 Direnç (Rezistans) Dönüştürücüler	337
3.2.2 Endüktif Dönüştürücüler	340

3.2.3	Kapasitif Dönüştürücü	341
3.2.4	Fotoelektrik Dönüştürücüler	342
3.2.5	Piezoelektrik Dönüştürücüler	345
3.2.6	Hall Sensörü	346
3.3	HATA SİNYAL DETEKTÖRLERİ	348
3.3.1	Gerilim Detektörleri – Vitston Köprüsü	349
3.3.2	Hata Sinyallerinin Elektrikli Detektörleri	350
3.3.3	Hata Sinyallerinin Potansiyometreli Detektörleri	351
3.4	KOMÜTASYON ELEMANLARI	352
3.4.1	Elektromekanik Komütasyon Elemanları	354
3.4.2	Elektronik Komütasyon Elemanları	355
3.5	ELEKTRONİK AYARLAYICILAR	359
3.5.1	Orantılı O-Ayarlayıcı	362
3.5.2	Tümleştirici T-Ayarlayıcı	363
3.5.3	Diferensiyel D-Ayarlayıcı	365
3.5.4	Orantılı-Tümleştirici OT-Ayarlayıcı	367
3.5.5	Orantılı-Tümleştirici- Diferensiyel OTD-Ayarlayıcı	369
3.5.6	Ayarlayıcıların Ayar Şekilleri	370
3.6	SÜREKSİZ ETKİLİ AYARLAYICILAR	371

#### **4. SİNYALİZASYON VE KORUMA AMAÇLI ELEKTRONİK**

#### **KURGULAR VE CİHAZLAR \_\_\_\_\_ 382**

4.1	KONTROL SİSTEMİNİN YAPISI	383
4.2	PLC SİSTEMLERİ	385
4.2.1	Programlanabilir Terminal	389
4.3	SÜREÇLERİN UZAKTAN KONTROLÜ	390
4.3.1	Mobil Telefonculuk ve PLC	390
4.3.2	Mobil Telemetri	392
4.4	SCADA SİSTEMLER (DENETLEYİCİ)	394
4.5	KORUMA ALARM SİSTEMLERİ	396
4.5.1	Sinyalizasyon ve Koruma Alarm Sistemlerinin Elemanları	398
4.6	BİLGİ EKРАНLARI	399
4.7	TRAFİKTE SİNYALİZASYON VE KONTROL	401
4.8	ADAPTİF SİSTEMLER	403
	EK 1:	411
	Zamanlı Geçikme Detektörü	411
	Frekans Detektörü	411
	EK2:	413
	SÜREÇLERİN OTOMATİZASYONUNDA EĞİLİMLER	413

#### **KAYNAKÇA: \_\_\_\_\_ 415**

---

# 1. OPTOELEKTRONİK KURGULAR VE CİHAZLAR

---

**O**ptoelektronik kurgular ve cihazlar, bir malzemenin ışık enerjisinin etkisi altında elektrik iletkenliğinin değişmesini tanımlayan fotoelektrik etki prensibine göre çalışıyorlar. Her optoelektronik kurgunun ve cihazın temelini optoelektrik ve optoelektronik elemanlar oluşturuyor. En sıkça kullanılan optoelektrik elemanlar (fotoelemanlar olarak da biliniyor ve ışığın etkisi altında özellikleri değişen elemanlardır) şunlardır: fotot hücre, fotoröle, fotorezistör, fotodiyot, fototransistör, fotojeneratör (fotoüretici) vb. Optoelektrik elemanlar, çok kompleksli optoelektronik kurguların ya da cihazların oluşturucu, yapısal parçalarıdır.

Günümüzde, fotoelektrik (optoelektronik) elemanlarının kullanıldığı cihazların sayısı büyüktür. Fotoelektrik elemanlar: seviye göstergeleri, malzeme kalınlığının göstergeleri, pozisyon detektörü, nesnelere sayan cihazlar, kamu aydınlatmayı çalıştıran otomatlar, kapıların otomatik açılması için cihazlar, yangın ve duman detektörleri ve benzer cihazlar olarak kullanılıyor. Son zamanlarda fotoelektrik elemanlar ayrıca ışık gösterileri, delinmiş bantlar ve kartarın okuyucusu, gece gözlem sistemleri, roketlerin ve tayfmetrelerin otomatik yönlendirilmesi için meteoroloji sistemleri olarak da kullanılıyor.

Tüm optoelektrik elemanların, kurguların ve cihazların çalışma temelinde **fotoelektrik etki** yer alıyor.

Bu etki bir malzemenin ışıkla aydınlatılması sırasında yüzeyinde elektronların çıkmasıyla meydana gelen etkidir. Bu olay **fotoetki (fotoefekt)** olarak da adlandırılıyor.

Büyük sayıda farklı fotoelektrik eleman türleri vardır, bu yüzden de bu tür elemanlar için birkaç farklı sınıflandırma yapılabilir. Genelde iki te-

mel fotoelektrik (optoelektronik) eleman grubu ayırıyoruz: fotodetektörler ve fotoelektronik ışık kaynakları.

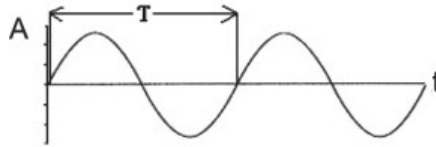
*Fotodetektörler ışık enerjisini elektrik enerjisine dönüştürüyor ya da ışığın etkisi altında elektrik özelliklerini değiştiriyorlar. Bu grupta: fotosalın elemanları, fotorezistörler, fotodiyotlar, fototransistörler, fotojeneratörler vb. elemanlar yer alıyor.*

Fotoelektronik ışık kaynakları elektrik enerjisini doğrudan ışık ışınımına dönüştürüyor. Bu grup elemanlara, (lazerler gibi aktif ışık kaynağı olmayan) yarı iletken diyotlar aittir.

Fotoelektrik elemanların çalışma prensibini anlamak için ışığın özelliklerini tanımak gerekiyor.

## 1.1 IŞIĞIN ÖZELLİKLERİ

Işık psikolojik süreçlerle yorumlanan fiziksel olaydır. Buna göre, ışık psikofizik olayıdır. Fiziksel anlamda, ışık ışınımaları 380nm'den 780nm'ye kadar olan dalga boyları arası elektromanyetik ışınımına uyumludur. Pratikte 400nm'den 700nm'ye kadar kapsam alınıyor, çünkü bu kapsam dışında gözün hassasiyeti çok küçüktür. Görünür tayfın kapsamında elektromanyetik dalgalar yayan her yüzeye ya da cisime **ışık kaynağı** denir. Işık kaynakları **birincil yada ikincil** olabilir. Birincil kaynaklar kendi enerjilerini yayıyor, ikincil kaynaklar ise diğer kaynaklardan ışığın bir bölümünü yansıyan yüzeylerdir. En önemli doğal ışık kaynağı güneştir. Çok sayıda yapay kaynaklar vardır ve onlar, ısı kaynaklarına ve gazlardan elektrik enerjinin akmasıyla elde edilen kaynaklara ayırabiliriz.



Res. 1-1. Monokromatik (tek renkli) sinyalin dalgalı biçimi



Doğasına göre, iki ışınım türü farkediyoruz: Işığın **monokromatik ve kompleksli ışınımı**. Monokromatik ışınım, (dalga şekli Res.1-1'de gösterilmiştir) belirli dalga uzunluğu olan aynı, tekdüze ışınımdır, kompleksli ışınım ise fazla monokromatik ışınımın toplamıdır (beyaz rengi böyledir).

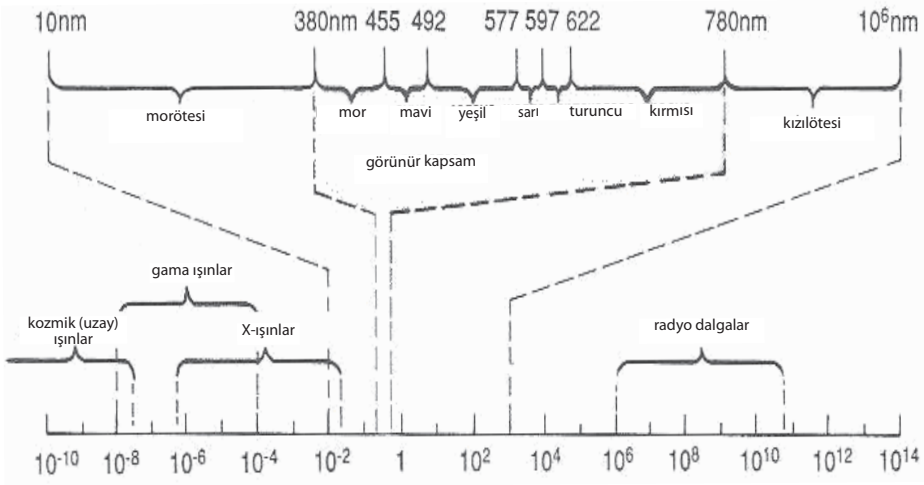
$$f = 1/T \text{ [ Hz ]} \dots\dots\dots (1-1)$$

Işık kaynaklarının en önemli özelliği spektral (tayf) özelliğidir, ya da zaman biriminde yayılan enerjinin ayrı ışınım bileşenlere dağıtımı (ışınım akısı). Kaynağın doğasına bağlı olarak, spektral özelliği sürekli ve doğrusal olabilir. Doğrusal tayf aralarında boş alanlar bulunan, belli dalga uzunluğuyla, sonlu sayıda monokromatik çizgilerden oluşmuştur. Doğrusal tayf kaynakları belli dalga uzunlukları olan monokromatik kaynaklarının toplamı olarak kabul edilebilir. Işık kaynaklarından çoğunun, görünür tayfta sonsuz sayıda dalga uzunlukları olan bileşenlerden oluşan kompleksli ışınımı vardır. Böyle kaynaklar güneş ve ısıtılmış metallerdir.

Çoğu ışık kaynağı katı cisimlerin yüksek sıcaklıkta ısıtılmasıyla elde ediliyor. Belli ışınımın göze farklı etkileri vardır. Bu durum elektromanyetik dalgalarının fiziksel özelliklerini, gözün psikolojik özellikleriyle bağlayan fotometrik büyüklüklerinin tanımlanmasını koşullandırmıştır. Fotometrik büyüklüklerin en büyük kısmı nicelik olarak iki şekilde belirleniyor: nesnel ya da fiziksel ve öznel ya da fizyolojik şeklinde. Bu büyüklükler fotometrik büyüklükler olarak adlandırılıyor ve gözün standart büyüklüklerine temelleniyorlar. Temel fotometrik büyüklükler şunlardır: ışık akısı (ışık flüksü), ışık yoğunluğu, aydınlık (açıklık), parlaklık.

**Işık akısı** ya da ışınım gücü ( $\Phi$ ) zaman biriminde yayılan, aktarılan ya da emilen (absorbe olan) ışık enerji miktarıdır. Mutlak birimi vat'tır (**W**), efektif birimi ise Lumen'dir. Efektif (fizyolojik) birimi, gözün ışık kapsamına göre değerlendirilen ışık akısı için tanımlanıyor.

Işığın başka bir özelliği de onun dalga uzunluğudur  $\lambda$  ( $\lambda=c/f=m/c)/(1/s)=(m)$ ;  $c=3 \times 10^8$  m/s - ışık hızı). Işığın ayırımı dalga uzunluğunun büyüklüğüne göre yapılıyor:  $\lambda=10^{-10}$ mm için - kozmik (uzay) ışınım,  $\lambda=10^{+14}$ mm - ses frekansları. Pratikte, frekanslara göre ayırım kullanılıyor. Bu ayırım Res.1-2'de verilmiştir.



Res. 1-2. Işığın frekans özelliği

Işığın ikili özelliği var: dalgalı ve tanecikler özelliği (parçacıkların-taneciklerin yayılması)

## 1.2 OPTOELEKTRİK ÇALIŞMA PRENSİBİ

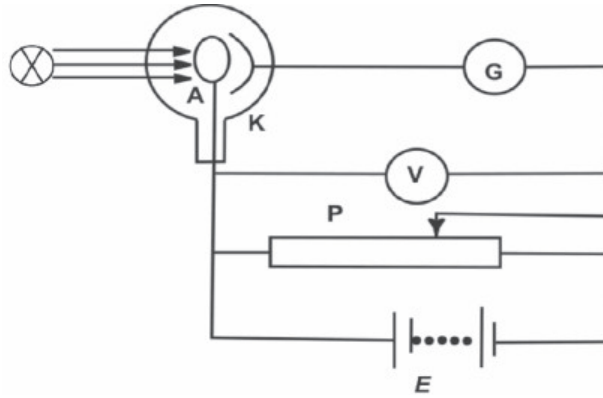
Bazı metallerin ışıkla aydınlatılması sırasında, onların yüzeyinde elektronlar çıkıyor. Bu olaya **fotoelektrik etki** ya da **fotoetki** (fotoefekt) denir. Foto etkisi ilk kez 1897 yılında Heinrich Hertz tarafından görülmüş.

Fotoelektrik olaylarını 19.yüzyılın ilk yarısında Fransız fizikçi Bekerele (Becquerel) de araştırıyormuş. Yarı iletken teknolojisiyle birlikte, fotoelektronik ya da bu teknik dalının diğer ismi olan optoelektronik, son birkaç on yılda büyük ilerleme gösteriyor.

Fotoelektrik etkisinin açıklamasını 1905 yılında Albert Einstein yapmıştır. Einstein ışık kuantumu ya da foton terimini tanımlamıştır. Kuantum teorisine göre, ışık sürekli değil de foton olarak kuantum enerjisi şeklinde yayılıyor. Fotonun, ışığın elektrikleşmemiş tanecik özelliği var.

Fotoelektrik etkisi atomda fotonlar ve elektronlar arasında etkileşim-iteraksiyon ile açıklanıyor. Fotonlar ve elektronlar arasındaki etkileşim, aslında bir foton ve bir elektron arasında her zaman ayrı ayrı gerçekleşen

enerji değişimidir. Bir foton belli enerjiyle elektrona etkil ediyor ve fotonun elektrona verdiği enerji yeterli ise elektron kendi yörüngesinden çıkıyor. Elektron çekirdeği çekici kuvvetlerinden uzaklaşıyor ve elektrisitenin serbest taşıyıcısı oluyor. Işık enerjinin kuantumu, şeklini değiştirip elektrik enerjiye dönüşmüştür. Bu önemli etki bir deneyle açıklanabilir. Işıklandırılan bir K metal plakı, Res.1-3'te gösterilmiş olduğu gibi, havası çekilmiş bir kuvars ya da cam balonunda yerleşiyor. Katodun aydınlatılmasıyla elektrik gücü akmaya başlıyor.



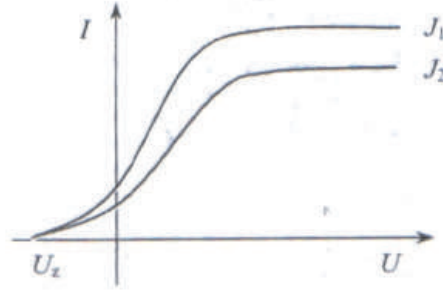
Res. 1-3. Vakum-fotohücre

Böyle bir cihaza vakum-fotohücre denir. Bu tüpün katodu, yüksek gerilimli kaynağının negatif kutupuyla bağlıdır, yüzük şeklinde tel ile tanımlanan A anodu ise kaynağın pozitif kutubuyla bağlıdır. Fotokatodu ışıklandırılmış değilse, galvanometre hiçbir türlü sapma göstermiyor. Katod ve anod arasında vakum var ve elektrikleşmiş tanecikler yoktur. Ancak, katod ışıklandırılınca, galvanometre elektriğin akmasını gösterecek. Bu akıma (cerezana) **fotoakımı** (fotocerezanı) denir. Elektrodlar arasında (P potansiyometrenin yardımıyla) gerilim değişirse I akımı da değişiyor.

Res.1-4'te, iki farklı ışıklandırma yoğunluğu  $J_1$  ve  $J_2$  sırasında fotoakımının akım-gerilim özelliği verilmiştir.

Grafikten, fotoakımının başlangıçta gerilimle yakın yükseldiği görünüyor, ancak gerilimin belli değeri için, tüm elektronlar anottan çekilmiş

olduğu zaman, doymuşluk durumu ortaya çıkıyor. Gerilimin bu değerden sonra yükselmesi devam ederse, akım sabit kalıyor. Bu akıma **doyma (do-yum) akımı** denir. Yüksek ışıklandırma yoğunluğu sırasında ( $J_1 > J_2$ ), do-yum akımı daha yüksek değer kazanıyor.



Res. 1-4. Fotoakımın akım (cereyan) gerilim özelliği

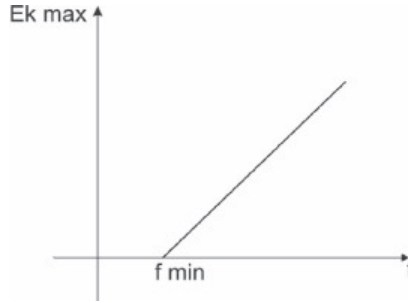
Ters yönlü gerilim getirilirse, ya da katodu kaynağın pozitif kutupuy-la, anodu ise kaynağın negatif kutupuyla bağlarsak, elektrodlar arasındaki elektrik alanının ters yönü olacak ve bu alan elektronları katoda doğru dön-dümreye çabalıyacak. Elektron katottan anoda kadar olan mesafeyi geçin-ce, alanın elektrik kuvveti, büyüklüğü  $Ue$ 'ye eşit olan çalışmayı gerçekleştirecek, elektronun kinetik enerjisi ise azalıyor. Ayrıca, fotoakımı da azalacak. Ters yönde,  $U_z$ 'ye eşit belirli gerilim büyüklüğü sırasında, fotoakım sıfıra eşit oluyor. Bu gerilime **sert (sıkı) gerilim** denir.

Yapılan araştırmalar fotoetki için şu temel düzenliliklerin geçerli ol-duklarını gösteriyor:

- Katodun monokromatik ışıkla aydınlatılması sırasında, zaman biri-minde verilen yüzeyden çıkan elektronların sayısı düşen ışığın şiddeti-yle (yoğunluğuyla) orantılıdır;
- Her metale ilişkin öyle denilen **fotoetki için kırmızı sınır** vardır. Bu durum aslında fotoelektronların ayrılması sırasındaki ışığın en yük-sek dalga uzunluğudur -  $\lambda_{\max}$  (ya da uygun olarak onun en alçak fre-kansı  $f_{\min}$ ). Böyle durumda, katodun üzerine çok yüksek yoğunlukta ışığın düşmesine rağmen, onun dalga uzunluğu  $\lambda$ , öyledir ki  $\lambda > \lambda_{\max}$  ve fotoetki meydana gelmiyor;

- Fotoelektronların en yüksek (maksimum) enerjisi  $E_{\max}$  ışığın yoğunluğuna bağlı değildir.  $E_{\max}$  düşen ışığın frekansının artmasıyla doğrusal olarak artıyor (Res.1-5);
- Fotoelektronlar ışıklandırmanın meydana geldiği anda hemen hemen aynı zamanda yüzeye çıkıyor (geçen zaman  $10^{-9}$ 's'den daha kısadır). Düşen ışığın yoğunluğu çok alçak odluğu zaman bile aynı durum elde ediliyor.

Bu şekilde oluşan fotoetkiye **dış fotoetki** ya da metallerin fotoelektronik salımı denir.



Res. 1-5. Fotoelektronların enerjisinin frekanstanbağıllığı

**Yarı iletkenin** aydınlatılması sırasında, yarıiletkenin cereyan taşıyıcılarının oluşma olayına **iç fotoetki** denir. Bu etkiye iç etki denir, çünkü elektronlar metalin yüzeyini terketmiyor. İç fotoetki için şunlar önemlidir:

- aydınlatmayla, fotoiletkenlik olarak adlandırılan yarı iletkenin iletkenliği artıyor;
- Verilen yarı iletken çiftinin p-n temasının, ya da metal-yarıiletken temasının aydınlanmasıyla temasta elektromotor kuvveti oluşuyor. Bu olay **foto voltik etkisi** olarak biliniyor.

Normal koşullarda yarıiletkenlerin az sayıda cereyan taşıyıcıları olan serbest elektronları ya da boşlukları vardır. Yarıiletkenin aydınlatılması sırasında, giriş fotonları valanslı elektronlara enerji vererek bu elektronlar atomu terk ederek serbest oluyorlar. Böylece, aydınlatmayla serbest elektronların sayısı artıyor, çünkü elektronun atomdan çıkmasıyla, atomda boşluk oluşuyor.

## 1.3 OPTOELEKTRİK ELEMANLAR

Büyük sayıda farklı optoelektronik elemanlar-fotoelektrik elemanlar türleri vardır ve onlar iki temel grupta sınıflandırılabilir: fotodetektörler ve fotoelektronik ışık kaynakları.

### 1.3.1 Fotodetektörler

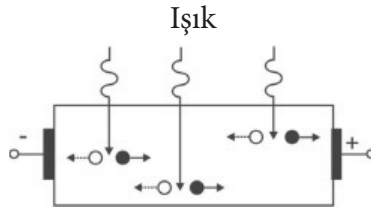
Fotodetektörler ışık enerjisini elektrik enerjiye dönüştüren ya da ışığın etkisi altında elektrik özelliklerini değiştiren elemanlardır. Fotodetektörler genelde üç gruba ayrılıyor.

**Fotosalım elemanları** ışığın etkisi altında elektronların fotoduyarlı malzemenin yüzeyini terkederek serbestleyen elemanlardır. Bu olay özellikle malzeme vakumda aydınlanırsa öne çıkıyor ve buna fotoelektronik salım denir. En tanınan fotoelektronik elemanlar fotodiyotlar (fotohücreler) ve fotomultiplikatorler.

**Fotokondüktif (fotogeçirgen) elemanlar**, yüzeylerine düşen ışık akısına bağlı olarak elektrik iletkenliğini değiştiren elemanlardır. Bu grupta fotorezistörler, yarıiletken fotodiyotlar ve fototransistörler bulunuyor.

**Fotojeneratörler** kendi uçlarında ışık ışınımı etkisi altında elektromotor kuvveti üretiyor. Böyle elemanlar olarak güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjiye dönüştüren güneş (solar) hücreleri biliniyor.

Fotodetektörlerin çalışma düzeni Res.1-6'da verilmiştir. Resimde görünen, üst yüzeyi aydınlatılmış yarıiletkenin enine kesitidir, iki ters sonu arasında ise tekyönlü gerilimdir.



Res.1-6. Aydınlatılmış yarıiletkenin enine kesidi

Yarıiletkenin atomlarını vuran fotonlar atomlarla etkileşimindedir. Emilen enerji valanslı elektronların serbest kalmalarını sağlıyor, onların yeri-

ne ise yarıiletkenin kristal aralıklarında boşluklar kalıyor. Demek ki, fotonlar, yarıiletkende serbest elektronlar-boşluklar çiftleri oluşturuyor, yani ışığın etkisi altında elektrisitenin serbest taşıyıcıların sayısı artıyor ve böylece yarıiletkenin elektrik direnci azalıyor.

Fotodetektörlerin temel parametreleri ve özellikleri şunlardır: hassasiyet, spektral özelliği, frekans özelliği ve gürültü seviyesi.

*Fotodetektörlerin hassasiyeti ışıklandırılmış fotodetektörün elektrik kuvveti (I) ve elektrik kuvvetinin yarattığı ışık akısı (Φ) arasında ilişkidir:*

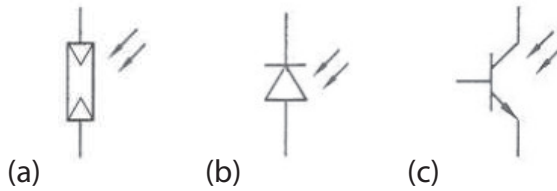
$$S = \frac{I_{\phi}}{\Phi} \dots\dots\dots(1-2)$$

Detektörlerin spektral özelliği cereyanın, cereyanı veren ışığın dalga uzunluğundan (λ) bağıllığını veriyor:

$$I = f(\lambda) \dots\dots\dots (1-3)$$

*Frekans özelliği cereyanının ışık akısının değişimifrekansından bağıllıdır. Bu özellik fotodetektörün aydınlanma değişikliklerine yansıma hızını belirliyor.*

Fotodetektörün gürültü seviyesi, aydınlatılmış fotodetektörün aydınlanma değişikliklerin sonucu olmayan çıkış elektriginde ya da gerilimde gürültü seviyesidir.

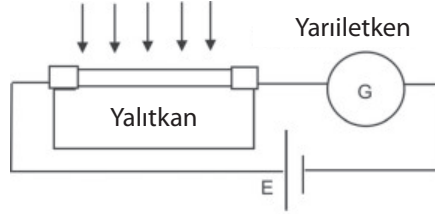


Res. 1-7. (a) fotorezistörün, (b) fotodiyodun ve (c) fototransistörün sembolleri

En sıkça kullanılan optoelektrik elemanlar şunlardır: fotorezistör, fotohücre, fotoröle, fotodiyot, fototransistör, fotojeneratör vb. Cihazlarda en sıkça kullanılan bazı fotoelemanların sembolleri Res.1-7’de verilmiştir.

### 1.3.2 Fotorezistör

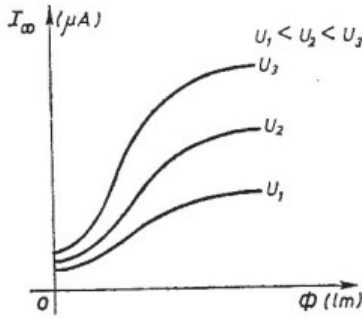
Fotorezistör, ışık akısının değişmesiyle elektrik direnci değişen yarıiletken elemandır. Fotorezistörün çalışma prensibi Res.1-8’de verilmiştir. Işık akısı yarıiletkenin iletkenliğini artırarak, fotorezistörden akan elektrik cereyanının kuvveti artıyor. Işık akısının değişimi elektrik enerjisine dönüşüyor. Fotorezistörü, mikrometre büyüklük sırasından incecik yarıiletken tabakasıyla kaplanmış yalıtıcıdan bir plak tanımlıyor.



Res. 1-8. Fotorezistör

Yarıiletken olarak, çok fotoduyarlı olan malzemeler kullanılıyor, örneğin silisyum, selen ve benzer. O da aydınlatma sırasında, bu incecik tabakanın düşük iletkenliği var ve onu galvanometre **karanlık akım** olarak kaydediyor. Aydınlatma sırasında akım aydınlatmayla orantılı olarak yükseliyor.

Fotorezistörün aydınlatma diyagramı, ya da elektriğin ( $I_\Phi$ ) ışık akısından ( $\Phi$ ) bağımlılığı Res.1-9’da verilmiştir.



Res.1-9. Fotorezistörün aydınlatılmasının diyagramı

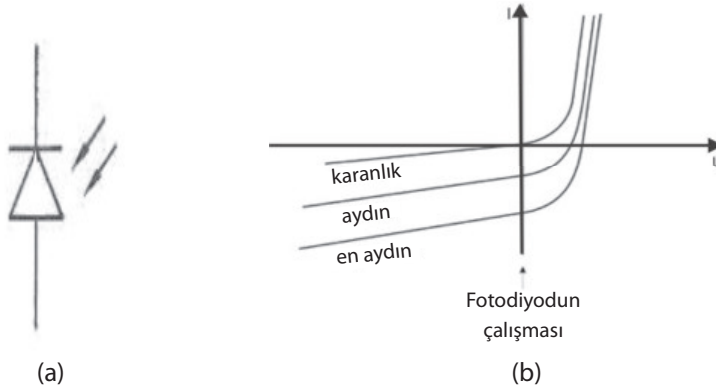
Fotorezistörün kenarlarında olan U gerilimi sabit olunca,  $I_\Phi = f(\Phi)$  bağımlılığı doğrusal değildir. Işık akısının daha yüksek değerleri için, akım doygunluğu görünebilir.



Fotorezistörlerin olumlu özellikleri büyük hassasiyeti, basit yapısı, küçük boyutları, uzun çalışma ömrü ve alçak fiyatlarıdır. Fotorezistörlerin dezavantajları ise durağanlığı, doğrusal olmayan özelliği ve ışık özelliğinin sıcaklıktan bağımlılığıdır. Fotorezistörler aydınlatmanın ölçülmesi için basit bir enstrüman olan ışıkölçerlerde, alarmlı-korumalı cihazlarda ışık detektörleri olarak kullanılıyor.

### 1.3.3 Fotodiyot

Fotodiyot bir pn bağlantısı ve iki alıntısı olan yarıiletken elemandır. Fotodiyodun elektrik iletkenliği, pn bağlantısının yüzeyine düşen ışık akısının değişmesiyle değişiyor. Bazı kitaplarda fotodiyotlar güneş hücreleri olarak da adlandırılıyor. Fotodiyotlar, elektrik iletkenlikleri ışığa bağlı olarak değişen yarıiletken elemanlarıdır. Ters kutuplaşma (polarizasyon) sırasında karanlıkta çok az akım akıyor, doğrudan kutuplaşma sırasında ise elektrik akımının kuvveti, ışık akısının kuvvetiyle doğrudan orantılıdır. (Res.1-10-a)'da fotodiyodun sembolü verilmiştir, (Res.1-10-b)'de ise fotodiyodun elektrik-gerilim özelliği gösterilmiştir.

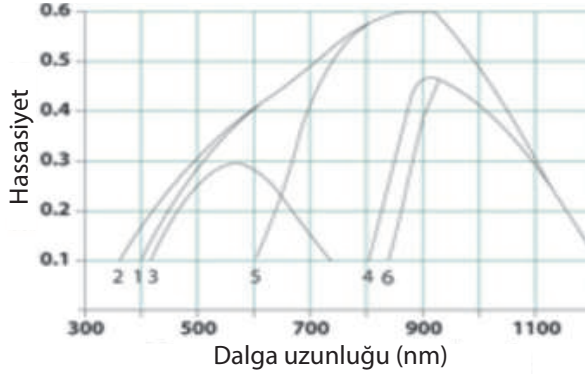


Res. 1-10. Fotodiyot: (a) fotodiyotlu elektrik devre,  
(b) elektrik-gerilim özelliği.

Silisyumlu fotodiyodun akım-gerilim özelliği (Res.1-10-b)'deki diyagramla verilmiştir. Bu diyagramda fotodiyot elektriğinin, ışığın dalga uzunluğu ve akım ışık akısının değişmesi sırasında kenarlardaki U geriliminden bağımlılığı verilmiştir. Diyodun akım-gerilim özelliği üçüncü çeyrektedir, çünkü diyot ters kutuplaşmıştır ve elektrik ters yönde akıyor. Elektriğin

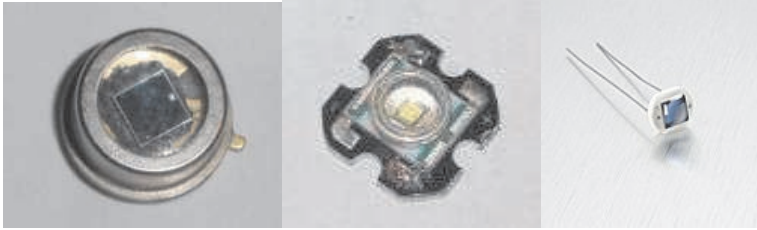
kuvveti gerilime az ölçüde bağlıdır, buna göre fotodiyodun dinamik direnci daha büyüktür, yani fotodiyot, girimin meydana gelmesi için değer elde edene kadar sabit elektriğin jeneratörü (üreticisi) olarak davranıyor.

Silisyumlu fotodiyodun spektral özelliği Res.1-11'de verilmiştir. Diyagram fotodiyodun elektrik relatif kuvvetinin ( $I\phi/I\phi_{max}$ ) fotodiyodun emdiği ışığın dalga uzunluğuna bağımlılığını veriyor. Hassasiyet, 900nm etrafında kızılötesi ışınım alanında en yüksektir.



Res. 1-11. Fotodiyodun spektral özelliği

Fotorezistörlere kıyasen, fotodiyotların daha iyi frekans özellikleri var (küçük durağanlık). Işık özelliği  $I\phi=f(\phi)$  doğrusaldır, gürültü seviyesi ise alçaktır. Fotodiyodların olumsuz tarafları, sıcaklığın artmasıyla onların “karanlıktaki akımın” hızlı yükselişidir ve bundan dolayı en sıkça olarak transistörlü kuvvetlendiricilerle bağlantıda kullanıyoruz. Fotodiyotların bazı pratik uygulamaları Res.1-12’de verilmiştir.

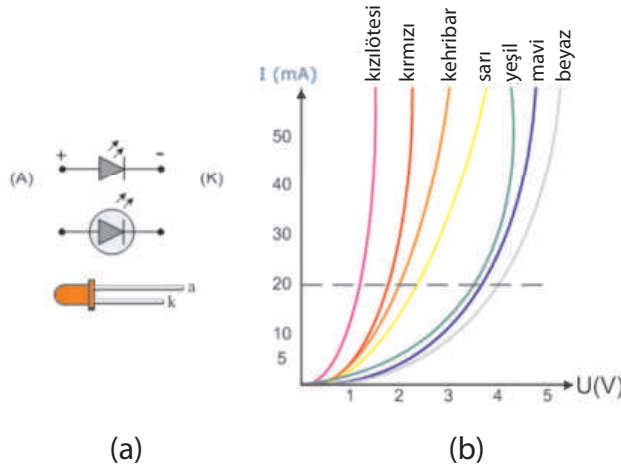


Res. 1-12. Fotodiyotların pratik uygulamaları

### 1.3.4 LED Diyot (Light Emitting Diode)

Işık ya da LED diyot elektrik enerjisini ışık enerjisine dönüştüren, bir pn bağlantılı yarıiletken elemandır.

LED diyot, fotodiyodun çalışma düzenine göre ters şekilde çalışıyor. LED diyodu doğrudan kutuplanmışsa (anod katottan daha yüksek potansiyelde), diyod ışık yayıyor. Elektronların atomlarla vuruşması sırasında enerjinin serbestleşmesi veya fotonlar (ışığın temel tanecikleri) meydana geliyor. Bu olaya elektroluminesans (elektro aydınlatma) etkisi denir. Bu etki tüm pn bağlantılarda meydana geliyor, ancak sadece belirli yarıiletken malzemelerde görülebilir. Res.1-13'te ışık diyot için genelde kullanılan sembol ve farklı LED diyot türleri verilmiştir.



Res. 1-13. LED diyot: semboller(a), farklı diyot türlerinin akım-gerilim özelliği(b)

Işığın hangi renkte olacağı, diyotun yapılmış olduğu malzemeye bağlıdır, öyle ki galyum arsenit kızılötesi ışık veriyor, galyum fosfat görünür kırmızı renkli ışık veriyor, galyum arsenit fosfitin ise fosforun miktarına bağlı olarak yeşil yada sarı rengi olabilir. Kırmızı LED diyotlar cep telefonlarında, uzaktan kumandalarda, sensörlerde, robotikte, gece kayıtlarda kullanılıyor. Her diyotun kendine ait çalışma ceryanı var (20mA büyüklük sırasından) ve bu arada ceryan için en kuvvetli yanıyor. Daha alçak ceryanlar

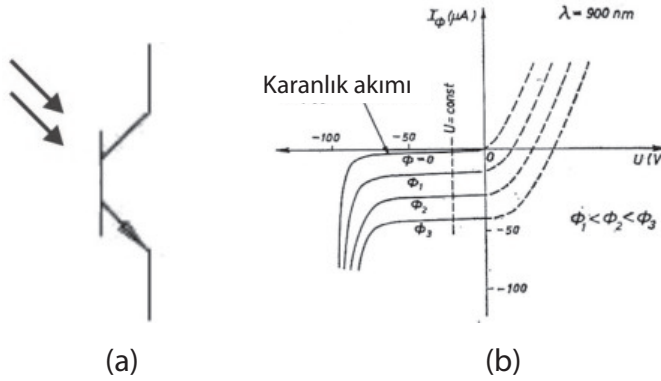
için daha az ya da hiç yanmıyor, daha yüksek ceryanlarda ise zarar görebilir. Bu çalışma ceryanına, uygun çalışma gerilimi de uyuyor (kırmızı LED,  $U_D=1,6V$ ; turuncu ya da kehribar LED,  $U_D=2V$ ; sarı, yeşil LED,  $U_D=2,4V$ ; mavi LED,  $U_D=3,4V$ ).

LED diyotların iyi tarafları şunlardır: alçak gerilimlerle ve az güç harcamalarla çalışıyorlar, büyük yanıt hızı, uzun ömürlü, geniş çalışma sıcaklık alanı, yüksek mekanik direnç. Olumsuz tarafları şunlardır: ışık ışınım gücünün sıcaklığa bağımlılığı, gerilim ve akımın artmasına karşı hassasiyet.

### 1.3.5 Fototransistör

Fototransistör iki pn bağlantı ve üç alıntı içeren yarıiletken elemandır. Toplayıcı devreden akan ceryan, toplayıcı bağlantının yüzeyinde düşen ışık akısına orantılıdır.

Fototransistör fotodiyodun yüksek hassasiyetini akım sinyalinin yükselmesiyle birleştiriyor. Fototransistörün eşdeğer devresi, elektrik sembolü ve akım-gerilim özelliği Res.1-14'te verilmiştir.



Res. 1-14. Fototransistörün sembolü (a),  
fototransistörün akım gerilim özelliği (b)

Fototransistör **kuvvetlendirici** ve **anahtar** olarak kullanılabilir. Fototransistör kuvvetlendirici olarak çalıştığı zaman, girişine (temeline, bazına) gönderilen sinyalleri-ışığı kuvvetlendiriyor.

Transistör kuvvetlendirici olarak, toplayıcı-temel bağlantısı ters kutuplaşmış, temel-yayınlayıcı bağlantısı ise doğrudan kutuplaşmış olduğu zaman çalışıyor. Fototransistör anahtar olarak çalıştığı zaman, fototransistör iletmiyor,

her iki pn bağlantısı doğrudan kutuplanmış durumdadır ve anahtar kapalı pozisyonundadır, fototransistör iletmeyince o zaman her iki np bağlantısı ters kutuplanmış durumdadır ve anahtar açık pozisyonundadır.

Pnp türünden transistörün iletmesi için tabanda negatif gerilimin getirilmesi gerekiyor, npn türünden sözkonusu olursa o zaman tabana pozitif gerilim getiriliyor. Transistörlerin dezavantajları büyük karanlık akımı ve onun sıcaklığa bağlı olmasıdır



Res.1-15 Fototransistörün pratik uygulaması

Fototransistörün normal transistörde olduğu gibi aynı ilkeli çalışması vardır. Sadece fototransistör doğrudan kutuplanmış olunca, ondan akan elektrik akımının üzerine düşen ışığın doğrudan etkisi altındadır. Fototransistörler delinmiş kartlar ve bant okuyucularında geniş kapsamda kullanılıyorlar. Çünkü bu alanda diğer fotodetektörlerden daha iyi sonuçlar veriyorlar.

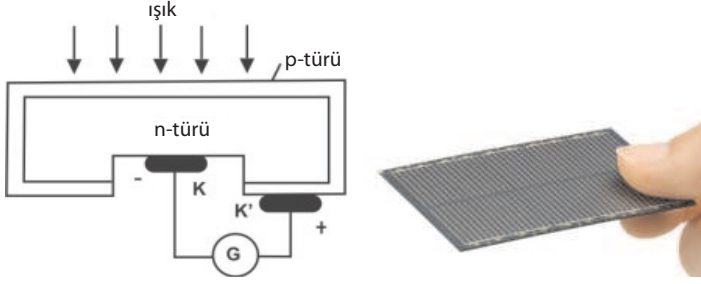
### 1.3.6 Fotojeneratör

Fotojeneratör (fotoüretici) ışık enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren, bir pn bağlantılı ve iki alıntılı yarıiletken elemandır. Yapısı fotodiyoda benzerdir, sadece elektrisitenin serbest taşıyıcılarının daha yüksek yoğunluğu vardır. Elektromotor kuvvetinin dış kaynakları olarak çalışıyorlar. Alıntıları rezistör aracılığıyla bağlanırsa, devreden fotojeneratörün yüzeyine düşen ışık akısına orantılı elektrik cereyanı akıyor.

Fotojeneratörlerin en sıkça kullanımı güneş hücrelerinde görünüyor. Fotojeneratörler uzay gemilerde temel elektrik enerji kaynaklarıdır. Bu elemanlar güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürüyorlar ve bu yüzden güneş hücreleri olarak adlandırılıyorlar. Fotojeneratörlere karşı, özellikle yeşil (eko) enerji olarak tanımlanan enerjinin üretimi sırasında ilgi gösteriliyor.

**Güneş (solar)** hücreleri en yaygın fotojeneratörlerdir. Onlarda, fotoetkiyi kullanarak güneş enerjisinin elektrik enerjisine dönüştürülmesi sağlanıyor.

Res.1-16'da böyle bir hücrenin şematik görüntüsü, silisyumdan p ve n türünden ve ince güneş hücresinin pratik uygulanması gösterilmiştir. p-türünden ince yarıiletken tabakası, n-türünden plakayı kaplıyor. K ve K' bağlantılarıyla her iki yarıiletken, G galvanometrenin takılmış olduğu dış devreyle bağlıdır.



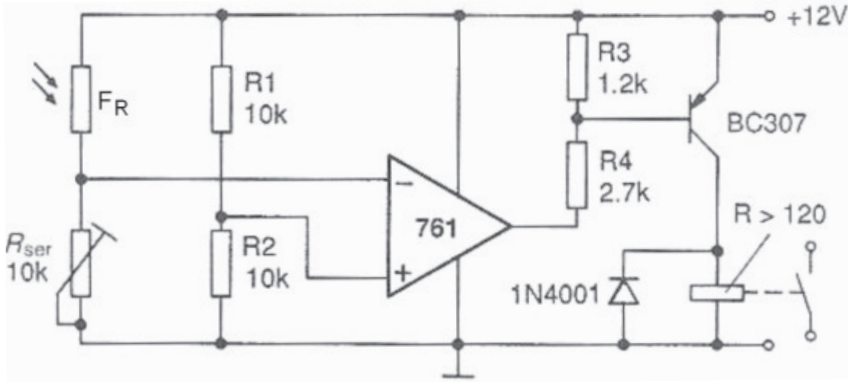
Res. 1-16. Güneş hücresi:(a) çalışma düzeni, (b) pratik uygulaması

Güneş ışığı p-tabakasına düşünce, yük taşıyıcılar olan elektronlar ve boşluklar sayısının hızla artması başlıyor. pn geçitin alanının etkisi altında, n yarıiletkeninde elektronların yoğunluğu artıyor. pn temas bağlantısında elektrik alanı oluşuyor. Aynı zamanda elektron sayısının artmasıyla, p-yarıiletkeninde de yoğunluk artıyor.

Böylece, fotohücresinin aydınlanması sırasında iki yarıiletken arasındaki temas bağlantısında elektromotor kuvveti meydana geliyor. Cihaz galvanometrenin kaydedebileceği elektrik cereyanının kaynağını teşkil ediyor. Böyle bir foto eleman 0,5V büyüklük sırasından gerilim oluşturuyor. Bu sırada akan elektriğin büyüklüğü birkaç onluk miliamper büyüklüğündedir. Silisyum güneş hücrelerinin en yüksek aydınlanması 540nm ile 560nm arası kapsamında var, bu kapsam da insan gözünün en yüksek hassasiyeti olduğu kapsama uygundur. Diğer taraftan germanyum güneş hücrelerinin en yüksek hassasiyetleri kızılötesi ışınımına yakın alanda vardır.

### 1.3.7 Fotoduyarlı Anahtar (Fotoröle)

Fotoduyarlı anahtarlar, fotoelemanların pratik uygulamasıdır. Burada fotorezistör bir elektrik devrededir ve ışığa tahrik edilen fotoröle ile temsil ediliyor. Fotoduyarlı anahtarlar fotoröle olarak da adlandırılıyor. Fotorölenin bir şeması Res.1-17'de verilmiştir:



Res. 1-17. Fotoanahtarın elektrik şeması

İşlem kuvvetlendiricisi,  $U^- > U^+$  olunca (negatif girişindeki gerilim pozitif girişindeki gerilimden daha büyükse) kendi çıkışında 0V veriyor, eğer  $U^+ > U^-$  ise, o zaman 12V veriyor. Fotorezistör aydınlatınca, onun direnci azalıyor,  $U^-$  gerilimi ise yükseliyor (+12V'a yaklaşıyor). Çıkıştaki gerilim 12V'a eşit olunca, pnp transistörü çalıştırmıyor, ancak çıkış gerilimi 0V'a düşüncü transistör çalıştırılmaya başlıyor ve röleyi 12V'a bağlıyoruz. Buna göre röle temas bağlantısı kapanacak.

1N4001 diyodu ile paralel bağlı olan röle iki bölümden oluşuyor: sarım ve kaplayıcı. Sarımdan elektrik cereyanı akınca, mıknatıs gibi etki gösteriyor ve kaplayıcıyı çekiyor. Kaplayıcı çekilince, aslında artık gerekmeyen cereyanı kapatıyor, çünkü aydınlatma yeterince yüksektir.

### 1.4 OPTOELEKTRONİK KURGULAR VE CİHAZLAR

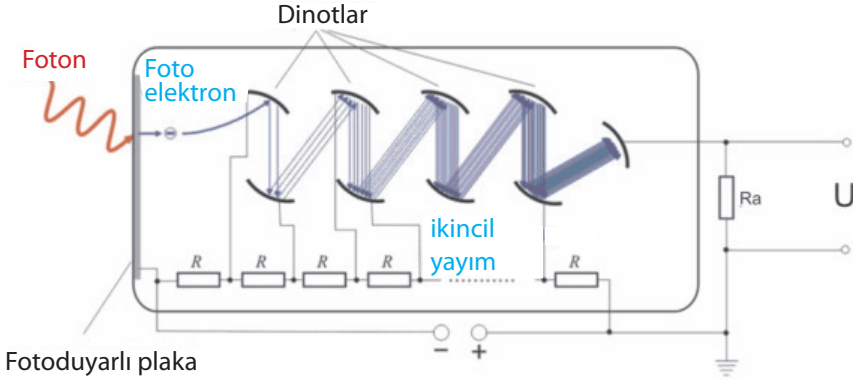
Bugünkü teknoloji, birçok optoelektrik kurguların ve cihazların yapısal parçaları olan fotoelemanları olmadan düşünülemez. Bu elemanların kullanıldığı cihazlardan sadece bazılarını anacağız, örneğin:foromultiplikatorler, ışık ölçerleri, fotookuyucular, tarayıcılar, bar-kod okuyucular, renkli kameralarda fotosensörler, lazerler gibi. Saydığımız cihazlar diğer taraftan çok sayıda diğer cihazları oluşturan parçalardır, ve benzer.

Çok kullanılan fotoelektrik cihazları CCD'lerdir. CCD, kısaltması (Charge Coupled Devices) kelimelerinden geldiği fotosensörlerdir ve devrimsel bir buluş tanımlıyorlar. Onlar sadece bir mikroyongada yerleşmiş olan onlarca ya da binlerce milyon fotosensörlerden oluşan yüzeyler-

dir. CCD günümüzdeki tüm kameraların yapısal parçalarıdır. Ayrıca, televizyonda, telefonculukta kullanılıyor ve yönetim, kontrol ve koruma süreçlerinde de geniş kullanımları var. Bilimde, özellikle astrofizikte geniş kullanım görüyorlar.

### 1.4.1 Işık çoğaltıcılar

Fotomultiplikatorler en sıkça görünebilir ışık alanında hassas olan ışık detektörleridir ve bu ışığı yüzlerce kez kuvvetlendirebilirler. Çoğu kez fotomultiplikatorün fotoduyarlı malzemeden alınan elektrik sinyali 100 milyon misli kuvvetlendirilebilir. Sahip olduğu özelliklerinden dolayı,televizyonlarda kara-beyaz kameralardaki resimlerin analizi için kullanılıyormuş.Günümüzde ise özelliklerinden dolayı fizikte, tıpta, astronomide ve benzer alanlarda kullanılıyorlar.



Res. 1-18. Diyotların dağıtımıyla fotomultiplikator

Çoğullanan elektronların ikincil yayımını gerçekleştiren cihazlara elektron multiplikatorleri (çoğaltıcıları) denir. Bazı malzemeler ikincil yayım fenomenini gösteriyor (büyük hızla elektronik demetle bombalanınca). İkincil yayım sürecinde, elektrotlara düşen elektron demeti, malzemeye yeni yayım sağlamak için yeterince enerji veriyor.

,Yayılan elektronların giriş elektronlara karşı oranıtısı birden büyük olunca multiplikasyon (çoğalma) mümkündür. Genelde multiplikator fotokatot, birkaç diyot ve anottan oluşan elektronik tüptür. Res.1-18'de multiplikatorde diyotların dağıtımı verilmiştir. Fotokatotta alçak iyonize potansiyeli

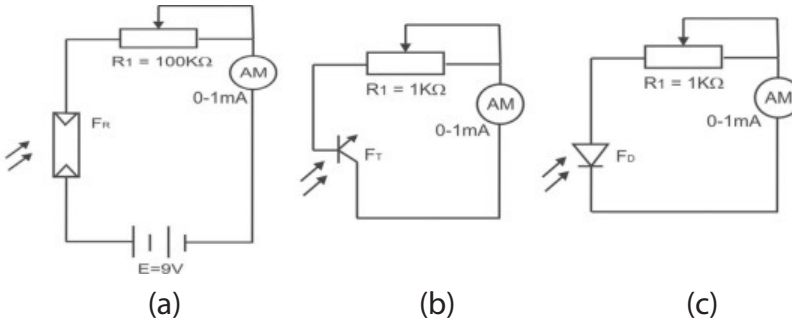


olan malzeme vardır. Delen ışık ve fotonların etkisi altında bu malzemedeki elektronlar serbestleniyor.

Elektronlar multiplikasyon için yeteneği olan malzemenin elemanları olan **dinotlara** doğru yönlendiriliyorlar. Bir elektronun girmesiyle, birçok yeni elektronun yayması oluşuyor. Elektronların tüpten katottan dinotların aracılığıyla anoda yönlendirilmesi aralarındaki potansiyellerin farkıyla yapılıyor. Örneğin katot -450V potansiyelindeyse, o zaman dinotların şu potansiyelleri olacak: Birinci dinot -300V potansiyelinde, ikinci dinot -150V potansiyelinde, üçüncü dinot ise -30V potansiyelindedir. Anot 0V potansiyelindedir. Bu potansiyel farkıyla, ikincil elektronların yayıldığı yüzeyden çeken hızlandırma alanı elde ediliyor ve bu elektronları hızlandırıyor. Bu şekilde, hızlandırılan elektronlar düştükleri sıradaki yüzeyden ikincil yayım yapabilirler. Multiplikatörün çıkışında çoğaltılmış ya da çok kez kuvvetlenen gerilim sinyali elde ediliyor.

### 1.4.2 Işık Ölçerleri

En basit ışık ölçerleri olarak fotoelektrik dönüştürücülü devreler ve ölçme enstrümanları kullanılıyor. Böyle ışık ölçerleri fotoelektrik dönüştürücülerde elde edilen elektriği gösteriyorlar.

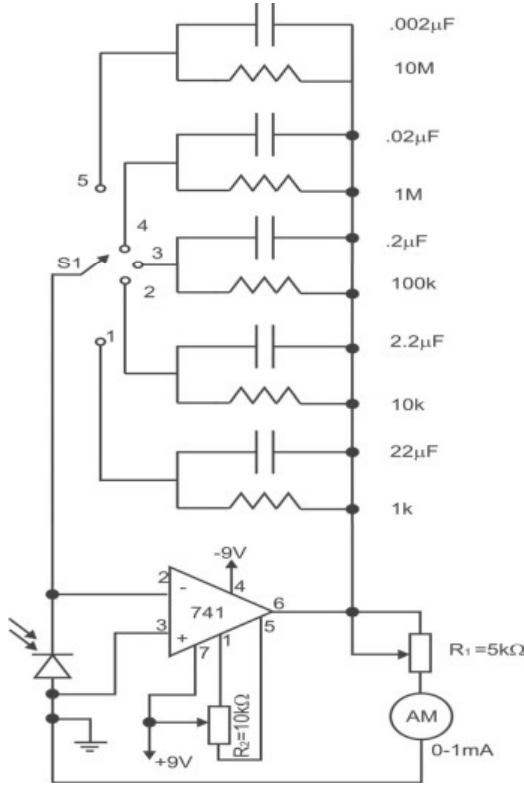


Res. 1-19. (a) fotorezistörlü, (b) fotodiyotlu, (c) fototransistörlü basit ışık ölçerleri

Basit ışık ölçerleri Res.1-19'da verilmiştir. Resimde ışığın ölçmesi için fotorezistörlü devre Res.1-19(a), fotodiyotlu devre Res.1-19(b) ve fototransistörlü devre Res.1-19(c) verilmiştir.

Ultraduyarlı ışık ölçerinin elektrik modeli Res.1-20'de verilmiştir.

Bu ultraduyarlı ölçer şu parçalardan oluşuyor: fotodiyot, 741 tümleşik devre, birçok RC devreleri, değişken rezistörler ( $R_1$  ve  $R_2$ ), ampermetre ve okuma basamağını ayarlayan çokdereceli anahtar ( $S_1$ ). Anahtar pozisyon 1’de olduğu zaman, enstrümanın basamağı  $100\mu A$  kadar ölçülebilen en yüksek değeri gösteriyor, pozisyon 2’de  $10\mu A$  kadar, pozisyon 3’te  $1\mu A$  kadar, pozisyon 4’te  $0,1\mu A$  kadar ve pozisyon 5’te  $0,01\mu A$  kadar. Devre çalıştırılmadan önce, ölçme işlemi her zaman,  $S_1$ ’i pozisyon 1’e ayarlanarak başlıyor. Ampermetrenin pozisyon 0’a ayarlanması  $R_1$ ’in ayarlanmasıyla yapılıyor, ince ayar ise  $R_2$  ile yapılıyor. Işık fotodiyota düştüğü zaman, 741 tümleşik devrenin aracılığıyla kuvvetlendirilen ve devrede  $S_1$  ve RC elamanlarıyla ayarlanan sinyal, ampermetrede ölçülüyor.

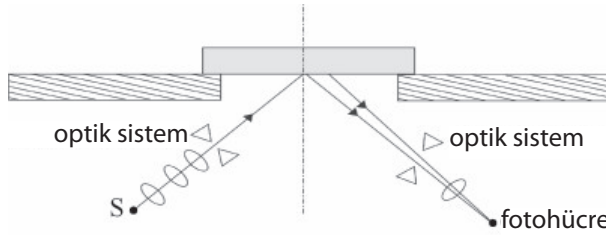


Res. 1-20. Ultraduyarlı ışık ölçerin elektrik şeması

Işık ölçerlerle bir yüzeyden veya cisimden yansıyan parlaklık ya da aydınlık da ölçülüyor. Işık şiddetinin (yoğunluğun) ölçü birimi lüks’tür (lux), bu yüzden bu cihazlara LUXmetre (lüksmetre) denir. Ölçmelerin gerçekleş-

## 1. OPTOELEKTRONİK KURGULAR VE CİHAZLAR

mesi için kullanılan ışık genelde kutuplaşmıştır. Işık kaynağından ışık, lenslerden ve aynalardan oluşan kompleksli optik sistemlerin aracılığıyla ölçtüğümüz cisimin yüzeyine yönlendiriliyor. Yansıyan dalganın parlaklık hakkında görüntü, sınır yüzeyinden yansıyan dalganın açısından elde ediliyor. Cisimden yada yüzeyden yansıyan ışık kompleksli optik sistemine gönderiliyor ve bu sistem tarafından alınıyor. Yansıyan ışık fotosensörlere yada başka bazı fotoduyarlı elemana götürülüyor. Işık ölçerlerin çalışma düzeni Res.1-21'de verilmiştir.



Res. 1-21. Işık ölçerlerin çalışma düzeni

Lüksmetreyle ölçmeler günlük hayatın tüm alanlarında kullanılıyor. Sanayide, ticarete, televiyonda açık ve kapalı alanlarda kullanılıyor. Lüksmetreyle bazı yüzeylerde pürüzlülüklerin sürekli ölçmeleri yapılabilir, çalışma yerlerinin aydınlatılması ölçülebilir (örneğin, bilgisayar donanımıyla) vb.



Res. 1-22. Lüks (lux) metreler

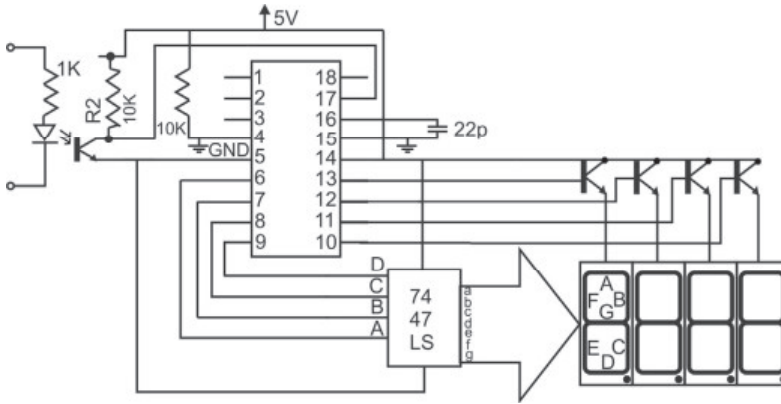
Işık ölçerleri şu parçalardan oluşuyor: fotosensör, vericiler, dijital ekranlar (LCD ekranlar), sınır alarm röleleri, elektrik kaynağı. Ölçülen, kıyas-

lanan ve takip edilen değerler, bilgisayarda da incelenebilirler. Res.1-22’de ışık ölçerlerin sürümleri gösterilmiştir.

Ölçülen ışığın ölçü alanları genelde çok geniştir ve yüksek değerleri vardır. Hatta bazı ışık ölçerler 40 ile 400.000 lux arası ışık kapsamları bile ölçebilir. Böyle cihazların kendilerine ait elektrik kaynakları, LCD ekranları, ışık silisyum fotodiyotları vardır.

### 1.4.3 Optoelektronik Sayaçlar

Optoelektronik sayaçlar da günümüzde geniş çapta kullanılan optoelektronik cihazlardır. Bu cihazlar: üretim şeridinden çıkan ürünleri, otoparka giren otomobilleri, bir müzede ziyaretçileri vb. saymak için kullanılıyor. Bu şekilde otomasyon sistemlerinde kontrol sağlanıyor. Örneğin, otoparklara giren ve çıkan otomobiller sayılarak, boş park yerlerin sayısı belirleniyor. Üretim şeritlerinden çıkan paketler ya da ürünleri saymak için bu şeritlerin çıkışında yerleştirilebilir. Mağazalarda müşterilerin sayılması için, istasyonlarda, stadyumların girişlerinde kullanılıyorlar. Böyle sistemlerde optoelektronik sayaçların dışında genelde alarm sistemleri, video gözetim, otomatik kapama mekanizmaları gibi dış cihazlar da vardır ve tüm bu elemanlar kontrol ve yönetimini gerçekleştiren merkezi sistemlerle bağlıdır.



Res. 1-23. Optoelektronik sayaç

Res.1-23’te optoelektronik sayacın şeması verilmiştir. Işık vericisi (LED) ve ışık alıcısı (fototransistör) arasında geçen nesnelere sayılıyor ve onların sayısı ekranda kaydediliyor.

Optoelektrik sayaçlar bazı fotoduyarlı elemanla ve elektromekanik sayaçla gerçekleşiyor ya da elektronik vurulu sayaçlar kullanılıyor.

Elektronik vurulu sayaçlar LCD ekranlı cihazlardır bu cihazlarla ileri ya da geriye saymak mümkündür ve genelde MOS teknolojisindedir.

### 1.4.4 Fotookuyucular

Fotoğraf, metin, elyazısı ya da başka bir nesne gibi bazı fiziksel görüntüsünü inceleyen ve onları dijital görüntüye dönüştüren cihazlar olarak tarayıcılar, bar-kod okuyucular vb. cihazlar kullanılıyor.

#### Bar-kod okuyucular

Kodlanmış bir kayıttın okunması gerekince, fotoelemanlı elektrik cihazlar kullanılıyor. Kodun açık ve kapalı renkli çizgilerinden ışığın yansımaları sırasında, uygun ürün kaydediliyor. Okuyucu bilgisayarla bağlıdır ve ürünün fiyatı, ismi ve ürünle ilgili başka bilgilerin elde edilmesi için, ışığın kodun üzerinden sadece kısaca ve çabuk geçmesi yeterlidir. Marketlerde sürekli farklı ürünlerin kodlarını okumak için bar-kod okuyucular kullanılıyor. Her kartın veya ürünün kendi kodu vardır. Res.1-24'te bar-kod okuyucular için birkaç versiyon gösterilmiştir



Res. 1-24. Bar-kod okuyucuların versiyonları

#### Tarayıcılar

Tarayıcılar fotoğraf ya da metin gibi şekilleri inceleyerek dijital şekile dönüştüren fotookuyuculardır. Resimler ya da metin basılı ya da bilgisayar hafızasında kayıtlı olabilir. Çalışma prensibine göre tarayıcılar şöyle ayrılıyor: yansıma prensibine göre çalışan tarayıcılar ve ışığın kırılma prensibine göre çalışan tarayıcılar.

En sıkça kullanılan tarayıcılar, yansıma prensibiyle çalışan tarayıcılar-  
dır. Tipik bir yansımali tarayıcıyı oluşturan parçalar CCD (charge-coupled  
device- çiftli şarj cihazı) sensörlerdir. Sensörlü kısmının dışında tarayıcılar-  
da aynalar, tarayıcı başı, cam levhası, lambalar, lensler, filtreler, hareket etme  
motoru, kemer, elektrikle besleme bölümü, kontrol devreleri, arabirim kapı-  
sı da olabilir. Res.1-25'te bir tarayıcı gösterilmiştir.

Modern tarayıcılar binlerce küçük fotoelemanlardan yapılıyor, her fo-  
toeleman aynı zamanda dijital birimdir. Tarayıcılar CCD sensörlerin tekno-  
lojisini kullanıyorlar. CCD teknolojisi resim iletimi için çok kullanılan tek-  
nolojidir. CCD fotonları (ışığı) elektrik yüklemeye dönüştüren ince fotodu-  
yarlı diyodlar toplamıdır. Her fotodiyotta, aynalar ve filtreler dizisinden ge-  
çerek CCD alanına düşen aydınlatmaya uygun yükleme toplanıyor.



Res. 1-25. Tarayıcı verziyonu

Tarama yapılırken genelde şu işlemler gerçekleşiyor:

- Belgeler cam levhanın üzerinde yerleşiyor ve kapakla örtülüyor. Ka-  
pak belgeleri örtüyor ve tarayıcı yazılımın çalışmaya başlaması için  
koşullar yerine getiriliyor.
- Lamba ile belge aydınlatılıyor. Yeni tarayıcılarda lamba özel floresan  
lambadır (CCFL -cold cathode fluorescent lamp).
- Tarayıcının iç kısmı (aynalar, lensler, filtreler ve CCD sensör, kurgu)  
**tarayıcının başını** oluşturuyorlar. Tarayıcının başı motora bağlan-  
mış olan kemer yardımıyla belge üzerinden yavaşça geçiyor.

Tarayıcının başı dengeleyici çubukla bağlıdır. Böylece, geçiş sırasında sallanma ya da sapmanın meydana gelmemesi sağlanıyor, yani tarayıcı başı tarafından bir belgenin taranmasının tamamlaması sağlanıyor.

Günümüzde çoğu tarayıcı bir geçişli yöntem kullanıyor. Lensler sistemi resimi orijinale uyan üç daha küçük resime ayırıyor. Bu ayrılan resimlerden hepsi renk filtresiden geçiyor (kırmızı, yeşil veya mavi) ve ayrı CCD sensörlerine gidiyor. Tarayıcı üç CCD sensörden verileri renkli bir resime birleştiriyor.

Düz tabanlı tarayıcılarda kullanılan başka bir tarama teknolojisi CIS (contact image sensör) teknolojisidir. CIS sensörleri CCD kurguları, aynaları, filtreleri, lambaları ve lensleri, kırmızı, yeşil ve mavi LED diyodun kurgularıyla değiştiriliyor.

Sensörlü resim mekanizması, tarama alanının genişliğine yerleşen 300 ile 600 arası sensörden oluşuyor. Bu sensörler belgenin yerleştiği cam levhasına çok yakın yerleşiyor. Resim taranınca, LED diyotları beyaz ışık sağlama şeklinde kombine ediliyor. Işıklandırılan resim ondan sonra sensörler kurgusunda kaydediliyor. CIS-tarayıcıları daha ucuzdur, daha az ağırdır ve daha incedir, ancak CCD tarayıcılar gibi aynı kalite seviyesini sağlamıyorlar.

Tarayıcılar sağladıkları resimlerin hem çözünürlüğüne göre hem de netliğine göre ayrılıyor. Tarayıcıların çoğu inçte en az 300x300 nokta donanım çözünürlüğüne sahiptir. Tarayıcının bir inçte kaç noktası olacağı, CCD veya CIS kurgusunda bir sırada (x-verilerin kaydedildiği yönde) yerleşen sensörlerin sayısına ve hareketleyicinin, motorun (s-verilerin kaydedilme yönü) isabetliğine bağlıdır.

Belgelerin taranması, bilgisayara aktarılması gereken verilerin bir parçasıdır.

### 1.4.5 CCD Sensörler

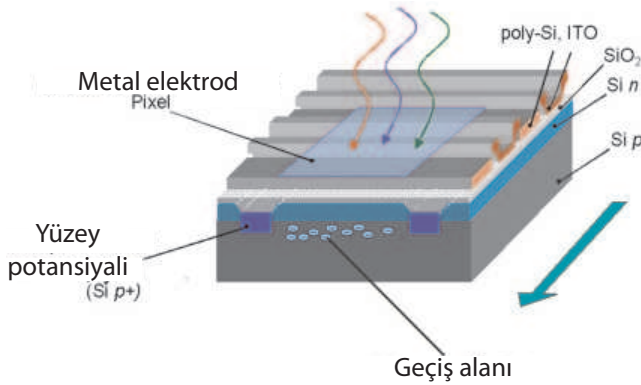
CCD kısaltması İngilizce CCD (Charge Coupled Devices) kelimele-  
rin baş harflerinden geliyor ve serbest tercümeyle hareketli analog de-  
ğiştirici yazmaç anlamına gelebilir. Bu yarıiletken sensörün çalışması MOSFET-  
transistörlerin giriş kapasitesine temelleniyor. CCD sensörlerin pratik ger-  
çekleşmeleri Res.1-26'da verilmiştir.



Res. 1-26. CCD sensörlerin pratik gerçekleştirmeleri

CCD sensörleri çalışmada güvenilirdir, elektromanyetik alanlara, titreşimlere ve vuruşlara dirençlidir, çalışma ömürleri çok uzundur, küçük boyutludur ve az enerji tüketerek aynı zamanda elektrikle beslenmek için düşük gerilimleri var.

**Çalışma prensibi.** Yarıiletken sensörlerin temel elemanı MOS kapasitördür. Tabanı p-türünden olan yarıiletken olan MOS kapasitörün kesiti Res.1-27 gösterilmiştir. Metal elektrodlardan, silisyumun oksitli tabakasından, ve p-türünden yarıiletken (silisyum) tabanından oluşuyor. Kapasitörün elektrodu tabana göre pozitif kutuplaşınca, temelin yüzeyinde geçiş alanı oluşacak. Bu alanda boşluklar, çoklu taşıyıcılar olarak bastırılıktır. Silisyum tabanında geçiş alanının yandan genişlenmesini engellemek için, sinyal elektrodun iki tarafında daha yüksek yoğunlukta alıcılarla p-alanı yerleştiriliyor. Geçiş alanının yandan genişlenmesi, elektrodun iki tarafından oksit tabakasının kalınlığının artmasıyla da engellenebilir.

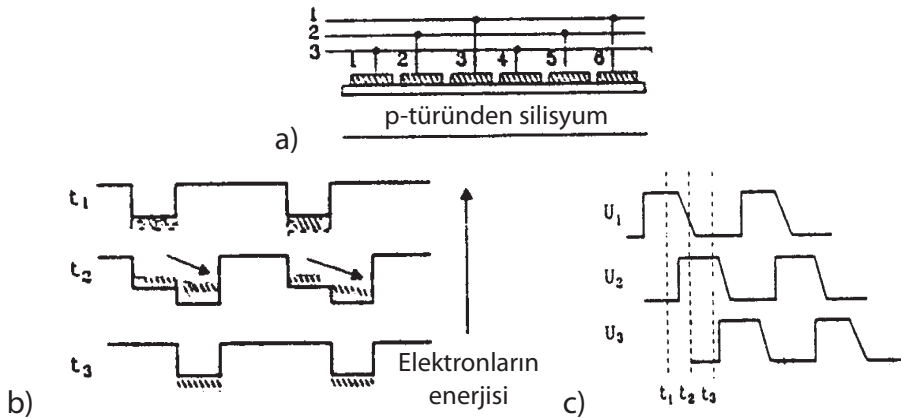


Res. 1-27. MOS kapasitör kesiti



Geçiş alanında enerjetik durumun değişimi meydana geliyor. Elektrotta yeterli gerilim sırasında oksit tabakasının yakınlığındaki alan, valans alanından iletken alanına daha yakın olacak, veya iletken alanıyla bağlanacak ve bu şekilde alanda elektronlar toplanarak evirik tabakası oluşturuyor. Oluşan potansiyel çukurun kap ile tanımlanması, toplanan elektrisite miktarı ise bu kabı dolduran “sıvı” şeklinde tanımlanması sıkça rastlanabilir.

MOS kapasitöründe sıcaklığın etkisiyle evirik tabakasının oluşma süreci bir saniyeden fazla sürebilir. Bu yüzden, bu sürecin süresinden daha kısa aralıklarda MOS kapasitörü, uygun elektrisite miktarı şeklinde tanımlanmış analog bilgilerin depolanması için eleman olarak kullanılabilir. Bu yüklem kapasitörde elektrik yoluyla girebilir yada silisyumda fotoelektrik yoluyla oluşabilir. Pratikte depolamak için en uzun zaman 300K sıcaklık sırasında bir saniye sürüyor. Resimlerin yarıiletken sensörleri, birboyutlu veya ikiboyutlu olması önemli olmadan, aralarında çok küçük uzaklıkta yerleşmiş tümleşik MOS kapasitörlerden oluşmuş temel birimlerden oluşuyorlar. Bu yüzden, onların geçiş alanları birbirini örterek, uygun süreçler uygulayarak yüklemeler bir kapasitörden başka bir kapasitöre taşınabilir. Böyle bağlanmış yandan sınırlandırılmış kapasitörler dizisi CCD adıyla biliniyor ve sensörde ayrı kanallar tanımlıyorlar.



Res. 1-28. Üçfazlı sıra ile CCD-cihazı

Bir kapasitörden başka kapasitöre elektrisite miktarının aktarımı prensipte çok basittir. Res.1-28'de, N-kanallı üçfazlı CCD dizisinde üçer kapasitörlü iki grup gösterilmiştir. 1 ile işaretlenen iletkende  $U_1$  sinyali getirilirse, yada 1 ve 4 elektrodları pozitif elektrikleşmişse, uygun geçiş alanı yaratılacaktır.

Bu alanlarda bazı dış etkilerin etkisi altında negatif yüklemelerin getirileceğini ve  $T_2$  zamanından sonra 2 ve 5 elektrodların da  $U_2$  sinyaliyle pozitif kutuplaştığını tahmin edelim.

Bu elektrodların altındaki geçiş alanlarının derinliği, 1 ve 4 elektronların altındaki alanların derinliğinden daha büyük olacak. Geçiş alanlarının birbirini örtüşmelerinden dolayı, elektrisite miktarı 1 ve 4 elektrodlardan 2 ve 5 elektrodların altındaki potansiyel minimumlarına geçecek. 1 ve 4 elektrodların gerilimin azalmasıyla bu geçiş hızlandırılıyor, öyle ki  $T_3$  anında komple elektrisite miktarı bir temel kapasitör için oynamıştır. Aynı şekilde elektrisite miktarları 5 ve 6 elektrodlarına, ondan sonra ise 4 ve 7 elektrodlarına doğru hareket ediyor. Elektrisite miktarının bir kapasitörden başka kapasitöre aynı hattan hareket etmesiyle bir döngü tamamlanıyor. Verilen örnekte, döngü üç aşama içeriyor.

Elektrisite miktarının bu şekilde aktarımı oldukça basittir. Ancak, küçük bir alanda yüzbinlerce kapasitörün tümleşmesi gereken resim sensörlerinde parlaklığa orantılı olan elektrisite miktarın oluşması ve iletimi çok kompleklidir.

### **Görüntü Yarıiletken Sensörlerin Yapısı**

Belirli görüntü sensör türlerinin yapımında uygulanan teknoloji, görüntü yarıiletken sensörlerinin televizyon yayın sistemlerinin stüdyo kameralarında olumsuzluklarından dolayı kullanılmadığından beri bu olumsuzlukların dışlanması sağlayan bir seviyeye ulaşıldığına rağmen hala değişip geliyor. Devamdaki bölümde televizyonculukta önemli olan CCD sensörlerin temel özellikleri veriliyor.

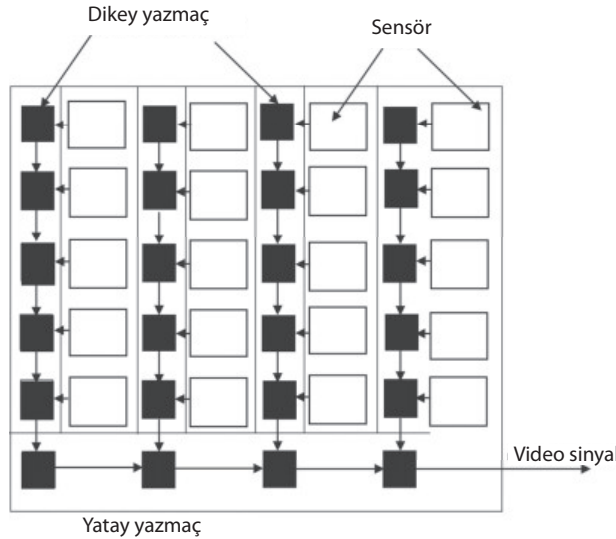
Görüntü (resim) yarıiletken sensörlerin birbirinden ayrılmış (izole edilmiş) iki boyutlu diziden oluşuyorlar. Her dizi fotoelektrik hücrelerden ve onlara bağlı olan veya ftohücrelerin oluşturucu parçaları olan temel kapasitörlerden oluşuyorlar. Bu kapasitörlerdeki bir yarı görüntü yada görüntüler sırasında tümleşik olan fotoelektrik yüklemeler, sensör yüzeyinde olu-

şan resimin parlaklık alan dağıtımına orantılı olan potansiyel rölyef tanım-  
lıyor. Potansiyel rölyefin dolaylı yoluyla videosinyalinin oluşması için kulla-  
nıldığı tüp sensörlerden farklı olarak, yarıiletken sensörlerde ayrı yükleme-  
ler yarıiletkenden çıkış devresine doğru yönlendiriliyor ve burada yükleme-  
ler elektriğe dönüşüyor. Ayrı yüklemelerin çıkış devresine iletim mekaniz-  
ması ayrı sensörlerin yapısını ve onların özelliklerini belirliyor.

### Doğrusal İletimli CCD Sensörü

Doğrusal iletimli sensörler kısaca ITL-CCD (Interline Transver) sen-  
sörler olarak işaretleniyor. Yükleme oluşma süreci, onların iletimi sürecin-  
den ayrıdır. Başka bir sözle, fotoduyarlı elemanları bellekleme ve yükleme  
iletimi yazmacından fiziksel olarak ayrıdır. Bu yöntemin temel avantajı fo-  
tosensörün spektral yankılarına yapılan optimizasyonu, ancak bunu başka  
bazı özelliklerin uğruna gerçekleştiriyor.

Fakat, bu yükleme iletim sensörü sadece CCD dizilerinde kullanılıyor.  
Pratikte Res.1-29 gösterilmiş farklı ITL-CCD sensör türleri uygulanıyor. Bu  
sensör türleri uygulanan CCD dizi türüne göre, yükleme iletim şekline göre,  
olumsuzlukların dışlanması şekline göre ve ftohücrelerin yapısına göre bir-  
birinden farklıdır, ancak onların yapısı temel olarak aynıdır.

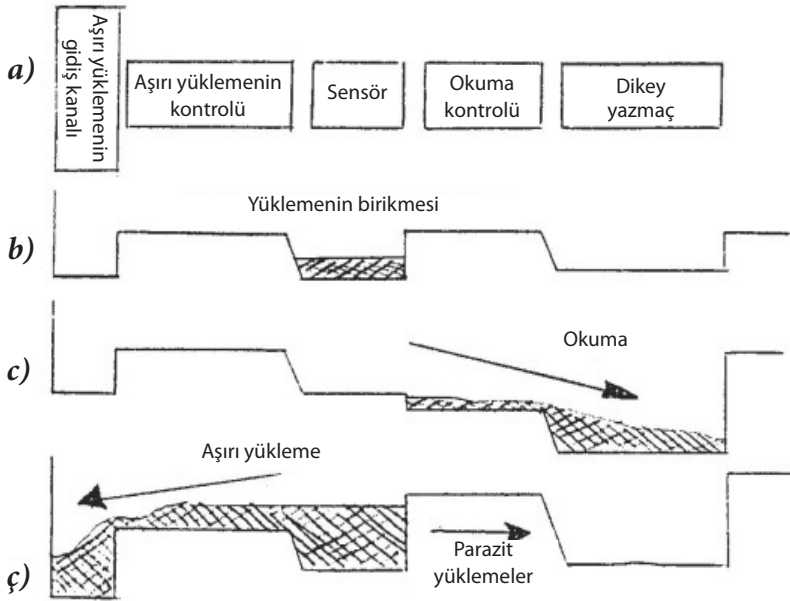


Res. 1-29. Doğrusal iletimli CCD sensörü

Sensör yukardaki resimde açık renkli dikdörtgenler olarak işaretlenen fotoduyarlı elemanlardan ve opak bir malzemeyle örtülmüş dikey yazmaçlardan oluşuyor. Onlara düşen ışıktan koruma, dikey yazmaçlardan yüklemelerin iletimi sırasında yüklemelerde değişikliğin meydana gelmesini engellemek için gerekiyor. Yatay yazmacın video sinyalini oluşturma rolü var.

Fotoduyarlı elemanlar fotodiyotlar yada MOS elemanları olabilir. Fotodiyotlu sensörlerin dikkat çekici durağanlıkları var. Bu yüzden ITL yapılarında fotoeleman olarak MOD elemanları daha sıkça kullanılıyor. Son zamanlarda FT (Frame Transver) sensörlerin kullanımı öne çıkıyor.

Yarışeklin aktif aralığı sırasında, yüklemeler sensörlerde birikiyor ve onlar parlaklıkların alansal dağıtımıyla orantılıdır.



Res. 1-30. Sensörün elemanlarında potansiyellerin dağıtımı

O anında kararmanın birinci dikey aralığı sırasında fotoelemanlar ve dikey yazmaçlar arasındaki iletim engellerinde vurular (impulsar) meydana geliyor. Her fotoelemandan yüklemenin komşu yazmacına aktarıl-

ması sağlanınca, engelin potansiyeli azalıyor. Yüklemelerin toplam alansal dağıtımı, aralığın bir palsında sensörün fotoduyarlı kısmından dikey yazmaçlara aktarılıyor.

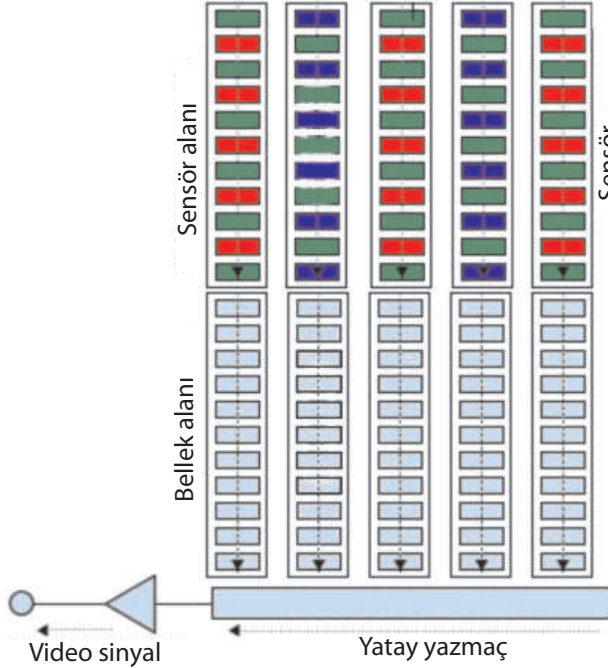
Res.1-30'da yüklemelerin birikmesi ve onların dikey yazmaca iletimi sırasında sensör elemanlardaki potansiyellerin dağılımı gösterilmiştir. Sıradaki yarıgörüntü sırasında, yüklemeler dikey yazmaçlarda yerdeğişimi yapıyor ve yatay çıkış yazmacına iniyorlar. Yerdeğişimin frekansı yatay frekansına eşittir ve önceki resimden vuru dizisine uyar.

Yerdeğişimi tüm dikey yazmaçlarda aynı zamanda gerçekleşiyor, öyle ki bir sıraya uyan içerik, son sıranın yatay yazmacına geçene kadar, bir yer için aşağıya iniyor. Yatay yazmacın çıkışında video sinyal elde ediyor. Yatay yazmacın okuma vuruların frekansı, yatayda CCD sensörlerde elemanların sayısına bağlıdır.

### **FT Görüntü Sensörler**

FT (Frame Transver) sensörlerin yapısı ITL sensörlerin yapısından farklıdır. FT sensörlerinde ayrı fotoelektrik elemanları yoktur. CCD kanalının MOS kapasitörlerinde hem optik tümleşme hem de yüklemelerin iletimi gerçekleşiyor. Dikey CCD kanalların sayısı bir çizgide elemanların sayısına uygundur, Bu arada kanallar birbirinden izole edilmiş durumdadır, ayrı kanalların uygun elektrodları paralel olarak bağlıdır. Böylece tüm kanalların tahrik edilmesi aynı zamanda yapılıyor. Bu sensörlerin optik tümleşmesi, fotonların ayrı hücrelerin etrafında ya da elektronlar saydam (geçirgen) ise ve serbest kalan taşıyıcılar daha yüksek potansiyalde olan elektrodların altında birikirse, hücrelerin içinde çekilmesiyle gerçekleşiyor. Bu şekilde oluşmuş yüklemenin okunmasının gerçekleşebilmesi için, sensörün korunması için özel bir alanın olması gerekiyor. Bu arada bu alanda elemanların sayısı, yüklemelerin oluştuğu alandaki elemanların sayısına eşit olması gerekiyor ve bu alan, ışığın etkisinden izole edilmiş olmalıdır. FT-CCD sensörlerinde fotoduyarlı alan ve bilgilerin beklendiği alan birbirinden farklıdır. Sensörün üst kısmı fotoduyarlı alan tanımıyor. Bellek alanı vuran ışıktan korunmuştur ve ILT sensörlerinde olduğu gibi aynı rolü vardır. Res.1-31'de bir şekil FT sensörü verilmiştir.

Geri dikey aralığı sırasında, yüklemeler çok hızlı bir şekilde oluşturulmuş alandan, saklandıkları ve okundukları alana geçiyorlar. Bu sensörde, dikey kanalların büyük yoğunluğundan dolayı, iki veya üç yatay yazmaçın kullanılmasının avantajı var. Bu şekilde dikey kanalların paketlenmesinde daha büyük yoğunluk elde edilebilir, çünkü yatay dizisinde elektrodların sınırlı genişlikleri ayrı temel yüklemelerin arasında en küçük yatay mesafesini sınırlandırıyor. Üç yatay diziden sinyaller bir sinyalle birleşiyor. Üçbağımsız yatay kanalıyla, basit şekilde renkli resimlerin iletimi için sinyaller elde edilebilir.

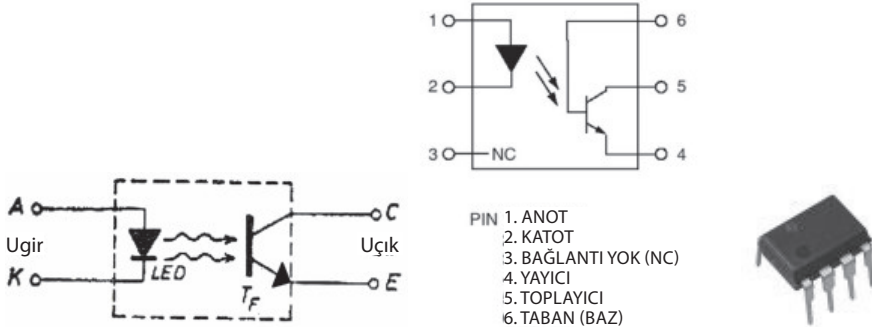


Res. 1-31. FT resim sensörü

Günümüzde CCD sensörleri yapısal açıdan FT iletimin ve ILT iletimin kombinasyonudur ve FT-ILT (Frame Interline Transver) olarak adlandırılırlar. FILT-CCD sensörlerin çalışma prensibi ve özellikleri, iki iletim şekli – FL ve ILT iletiminlerin kombinasyonudur.

### 1.4.6 OPTOBAĞDAŞTIRICI

Res.1-32'de gösterilen optobağdaştırıcı (optik bağlayıcı), LED diyodu ve fototransistör arasındaki optik bağlantıdır:



Res. 1-32. Optobağdaştırıcı

Optobağdaştırıcı, LED'ten fototransistöre, elektrik temas kurmadan ışık sinyalinin iletimini sağlıyor. Giriş bölümünün çıkış bölümünden Galvanik ayrılması pratik olarak kaynağın devredeki engellere etkilerinden kaçınmak için uygulanıyor. Giriş sinyali LED diyotun sonlarına getirilerek, akan elektrik cereyanı giriş sinyaline orantılı olan ışık akısının yayılmasına yol açıyor. Işık akısı fototransistörün tabanına doğru yönlendiriktir. Çıkışta C ve E noktaları arasında fototransistörün toplayıcı cereyanı akıyor. Toplayıcı cereyan ışık akısına göre orantılıdır, yani giriş elektrik sinyaliyle orantılıdır. LED ve transistör bir kasada kapanıyor ve aralarında saffaf malzeme, genelde cam yerleşiyor. Bu şekilde, bu mazlemeden ışık akısı geçiyor ve aynı zamanda girişin ve çıkışın elektrik ayrılması sağlanıyor.

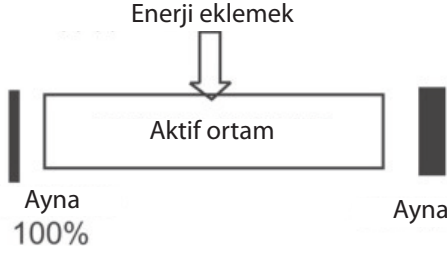
Bazı uygulamalar 250V gerilim sırasında bile tecrit (izolasyon) sağlayabilirler. Yerleşen LED kızılötesi ışınımlıdır.

### 1.5 LAZERLER

Lazerler, uyarılmış ışımaya yardımıyla elde edilen ışığın monokromatik ve kesin eşvreli dalgaların optik üreticileridir. LAZER (İngilizce LASER) kelimesi Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (Radyas-

yonun Uyarılmış Emisyonu ile Işık Kuvvetlendirilmesi) sözlerin kısaltmasından geliyor.

Optik alanında çalışan ilk lazer 1960 yılında Amerikan fizikçi T.Maiman tarafından yapılmış. Lazerin optik şeması Res.1-33'te verilmiştir.



Res. 1-33. Lazerin optik şeması

Lazerin temel parçaları şunlardır:

**Çalışma ortamı** (aktif ortam) – enerji seviyelerin ters kutuplaşması için veonunla beraber uyarılmış yayılımın oluşması için koşulları yerine getiren ortamdır.

**Atomları tahrik etme, “pompalama” sistemi (aktif ortamda ters kutuplaşmanın oluşturulması için kullanılan sistem)**

Optik yankılayıcı (rezonatör) seçilen yöne doğru foton demetinin ayrılması ve belirli dalga uzunluğunda eşvrelili ışık demetinin oluşması için kullanılıyor.

**Soğutma sistemi.**

Lazer Türleri. Pratikte birçok lazer türleri kullanılıyor. Aktif ortama bağlı olarak, lazerler katı, gaz ve sıvı halde olmak üzere üçe ayrılıyor. Yarıiletken lazerleri ayrı lazer grubuna aittir.

Atomların tahrik edilmesi için kullanılan yöntemlere göre, lazerler optik, termal, kimyasal elektroiyonik, yüksek enerji elektronik demetlerin tahrik edilmesiyle vs. olabilir.

Aktif ortamın iç yapısına göre, lazerler atomik, moleküler ve iyonik olarak ayrılabilir, çalışma düzenine göre ise lazerler kesintisiz (helyum-neon He-Ne lazeri), vurulu (yakut lazeri) ve vurulu-peryodik lazerlere ayrılıyor.

Üretimin spektral alanına göre lazerler kızılötesi (yakın ve uzak), görünür, morötesi ve röntgen alanında çalışıyor.



Işığın dağılımına bağlı olarak, lazerler kesintisiz ve vurulu olabilir. Kesintisiz lazerlerde ışık zamana bağlı olarak kesintisizdir, vurulu lazerlerde ışık, zaman içinde periyodik değişiyor.

Kesintisiz ışınımlı lazerler genelde düşük güçlerdedir (100mW'a kadar), en sıkça olarak ışığın kırmızı ya da kızılötesi kapsamındadırlar. Aktif malzeme olarak ve aynı zamanda yankılayıcı olarak GaAs, InP, GaSb türünden yarıiletken plaklar kullanılıyor. Basit yapım teknolojisinden ve düşük fiyattan dolayı bol miktarda üretiliyorlar ve geniş çapta kullanılıyorlar. Lazer ışınımı, yarıiletkenin sonlarında uygun gerilim getirilince, yarıiletkende elektronların ve boşlukların yeniden birleşmesinin sonucu olarak meydana geliyor. Yarıiletken türü, yarıiletkenin akan ceryan ve sıcaklık, yayımın dalga uzunluğunu belirliyor.

**Zaman ve alansal uygunluğu, yüksek monokromatiği**, düşük sapmalar, yüksek yoğunluk, küçük yüzeylere kolayca odaklanmak gibi lazer ışığının temel özellikleri bilimde ve teknikte geniş kullanım görüyor.

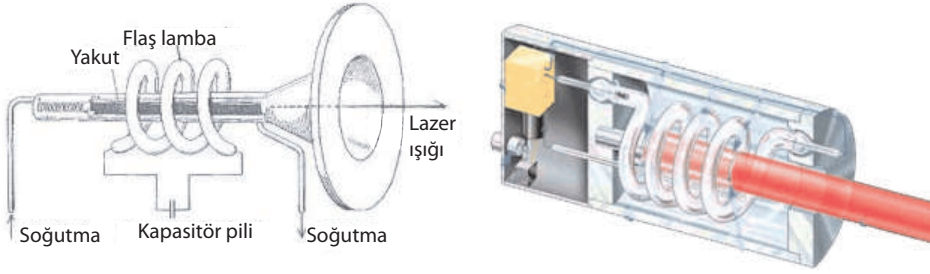
Lazer ışığının yüksek uygunluğundan dolayı radyo dalgalarının modülasyonu için daha uygundur. Lazer ışığının radyo dalgalarından milyonlarca daha yüksek frekansı olduğundan dolayı, iletilen bilgilerin sayısı da daha büyüktür (ses ve görüntü). Lazer ışık demetinin dağıtımını (emmesi) için çokkanallı ışık hatları (optik kablolar) vardır. Lazer ışığı bilgisayar tekniğinde uygulanıyor (lazer okuyucular, yazıcılar).

Lazer demeti, küçük alanda yüksek gücü ve yoğunluğu, sanayide ince işlemler ile katı ve zor eriyen metallere yanması için kullanılıyor (mikrodelikler yapmak, mikrokaynamak için). Lazer ışığının küçük alanlara (mikronoktalara) odaklanma özelliği, tıpta yüksek isabet gereken mikro cerrahi ameliyatlarda sırasında cerrahi bıçak olarak kullanılıyor (göz ameliyatı). Proteinlerin pıhtılaşmasından dolayı, kan damarları kanamıyor. Düşük güçlü lazerler (He-Ne lazerleri) aküpüktür iğneciklerini değiştirebilir. Lazerlerle farklı tümörler de çıkarılabilir. Tedavi amaçlarında yaraların hızlı iyileşmesi için kullanılıyorlar.

### 1.5.1 Yakut Lazeri

Yakut lazerinin aktif ortamı, 0,05% oranında  $Cr_2O_3$  katkıları içeren yakutun ( $Al_2O_3$ ) yapay kristalidir. Şöyle ki, kristal örgüde Al'den bazı atomlar üçvalanslı krom iyonlarla değiştiriliyor.

Yakut kristali, eksene dik olan paralel ve gümüşletilmiş tabanlı silindir şeklinde yapılıyor. Öyle ki aralarındaki mesafe optik yankılayıcının uzunluğunu belirliyor.



Res. 1-34. Yakut lazeri

Yakut lazerde ters kutuplaşma, kristal etrafında sarılmış ksenon lam-ba ile (flaş lambayla Res.1-34) elde edilir. Ksenon fotonların enerjisi, krom iyonların temel durumdan heyecanlı duruma geçişi sırasındaki enerjiye uygundur.

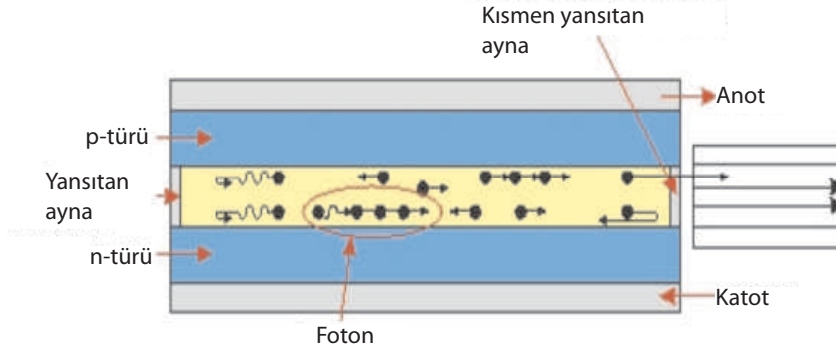
0,1ms'lik vuruyla yoğun aydınlatma sırasında, krom iyonların çoğu,  $E_1$  daha alçak enerji seviyesinden, daha yüksek  $E_3$  seviyeye geçiyor.  $E_3$  enerji seviyesinde yaklaşık 10 s. kalıyorlar. Ondan sonra ya da kendiliğinden fotonların yayılmasıyla  $E_1$  temel duruma geri dönüyorlar, ya da daha yüksek ihtimalle  $E_3$  durumundan ışık yayımı olmadan  $E_2$  durumuna geçiyorlar. Bu sırada sıcaklık şeklinde olan enerji fazlalığı yakutun kristal örgüsüne iletiliyor.

### 1.5.2 Yarıiletken Lazer

Yarıiletken lazerlerde, üretim sırasında alanları özel olarak yanmış yarıiletken diyot tarafından oluşan yönlendirilmiş ışık demeti, sadece bir taraftan çıkabiliyor. Elektrik beslemesi getirilirse, atomlar heyecanlanıyor, elektronlar ise valanslı durumdan serbest kalıyor. Bu elektronların başka atomlarla çarpıştıkları zaman fotonlar (ışığın temel tanecikleri) serbestleşiyor. Bu fotonlar, iki kat daha yüksek hıza ulaşana kadar diyottan çıkamıyorlar.

Res.1-35'te lazerin çalışma modeli verilmiştir. Diyodun iki ucunda iki ayna yerleşmiştir, biri geçirgen olan diğeri ise geçirgen olmayan. Fotonlar sürekli aynalar arasında itilerek çok büyük hız kazanıyorlar. Bu etki dışında,

çığ etkisi de meydana geliyor, ya da eski fotonlar fotonlarla çarpıştığı zaman yeni fotonlar oluşturuyor. Yeterli hıza ulaştınca, fotonlar diyodu terk ediyor. O zaman dar yönlendirilmiş bir dalga uzunluğuyla monokromatik ışık ışınımı elde ediliyor.



Res. 1-35. Lazerin ilkel şeması

Aktif ortam olarak yarıiletken diyodu yerine gas (neon ve helyum) yada sıvı kullanılabilir.

### 1.5.3 Lazerlerin Pratik Kullanımı

Lazerlerin geniş kullanımları var. Onlardan bazıları şunlardır:

- Metal yüzeylerin kesilmesi ve kaynaması için-bu lazerler ışığın metale vurduğu zaman en güçlüdür, büyük sıcaklık gelişiyor ve böylece metal eriyor
- Tıpta lazerin isabetliği kullanılmıştır. Lazer, yüksek isabetliğiyle mikroskopik olarak da etkileyebilir. Bu arada insan organizmasının yumuşak dokularına uygun dalga uzunlukları seçiliyor.
- Lazerler kozmetikte de giderek daha popüler oluyor (örneğin, dövmelemlerin silinmesi sırasında). Lazer derinin yüzey tabakasını etkileyerek, lazerden enerjiyi emen melanini etkiliyor ve bu sırada derinin doldurulması sağlanıyor.
- Optik iletişim – sinyallerin iletimi için ışık kullanılıyor. Işık hattının başlangıcında yönlendirilmiş ışık demeti veren lazer vardır. Bu ışık ışınımı ışık hattının duvarlarından içerisine doğru sürekli itilerek büyük hızla gidiyor. Işık hattının sonunda bulunan fotoelemanı

ışığı elektriye dönüştürüyor. Avantajları küçük boyutları ve ağırlıklarındır. Bakır hatlarına kıyasen, ışık hatları elektrik boşalmalara, neme, ışığa, yüksek ve alçak sıcaklıklara duyarlı değiller. Radyoaktif ışınımlara çok hassaslar, az zayıflamaları vardır (200km mesafelere kadar aktarılabilir).

- Lazer yazıcılar – yazıcıda fotoduyarlı davul (drum) bulunuyor. Bu davul lazerle ışındığı zaman, elektrikleşiyor, toneri çekiyor ve kağıda iz bırakıyor.
- DVD yazıcılar ve çalarlar – DVD çalarda yansıtıcı plak ışık demetini yönlendiren lazer kullanılıyor. Yansıtıcı plaktan ışık demeti, diskteki kayıda bağlı olarak farklı açılarda yansıyor ve ondan sonra yansıyan işaret okunuyor. Burada çok büyük okuma hızı ve mikroskopik girintiler sözkonusudur. DVD yazıcıda, yansıtıcı plaktan pürüzsüz yüzeyde girintileri oluşturan eleman lazerdir. Bazı diskler birkaç kez silinebilir ve yazılabilir ve bu disklerde lazer önce yüzeyi düzgünleştirerek, daha sonra yeni girintiler yapıyor.

### 1 ÖZET

- ❖ Optoelektronik kurgular fotoelektrik etkisi, ya da bazı malzemelerin ışık enerjisinin etkisi altında elektrik iletkenliğinin değişme prensibine göre çalışıyorlar
- ❖ Fotoelektrik etkisi, bir malzemenin aydınlatılması sırasında meydana geliyor ve malzemenin yüzeyinde elektronlar çıkıyor.
- ❖ Fotodetektörler ışık enerjisini elektrik enerjisine dönüştürüyor ya da ışığın etkisi altında kendi elektrik özelliklerini değiştiriyor.
- ❖ Fotoelektronik ışık kaynakları elektrik enerjisini doğrudan ışık enerjisine dönüştürüyor.
- ❖ Foto yayım elemanları, ışığın etkisi altında serbestlenen elektronların fotoduyarlı malzemenin yüzeyini terk eden elemanlardır.
- ❖ Fotogeçirgen elemanlar, yüzeylerine düşen ışık akısına bağlı olarak elektrik iletkenliklerini değiştiriyor.
- ❖ Fotojeneratörler ışık ışınımının etkisi altında kendi uçlarında elektromotor kuvvetini üretiliyorlar.
- ❖ Fotorezistör, ışık akısının değişmesiyle elektrik direnci değişen yarıiletken elemandır.
- ❖ Fotodiyot, bir pn-bağlantı ve iki alıntı içeren ve pn-bağlantısının yüzeyine düşen ışık akısının değişmesiyle elektrik iletkenliği değişen yarıiletken elemandır.
- ❖ Işık ya da LED diyodu, elektrik enerjisini ışık enerjisine dönüştüren bir pn-bağlantılı yarıiletken elemandır.
- ❖ Fototransistör iki pn-bağlantı ve üç alıntı içeren yarıiletken elemandır. Toplayıcı devrede akan elektrik, toplayıcı bağlantının yüzeyine düşen ışık akısıyla orantılıdır.
- ❖ Fotoçoğaltıcılar, en sıkça görülen ışık alanında duyarlı olan ve ışığı yüzlerce kez kuvvetlendirebilen ışık detektörleridir.
- ❖ Fotookuyucular, fotoğraf, metin, yazı yada bazı cisim gibi fiziksel görüntüyü inceleyen ve onları dijital şekile dönüştüren cihazlardır. Tara-yıcılarda, bar-kod okuyucularda ve başka cihazlarda kullanılıyorlar.

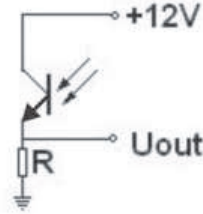
- ❖ CCD İngilizce CCD (Charge Coupled Devices) kelimelerinden geliyor ve hareketli (yerdeğişmeli) analog değişim yazmaçlar anlamına geliyor.
- ❖ CCD sensörlerin özellikleri şunlardır: elektromanyetik alanlara, titreşimlere ve vuruşlara dirençlidir, çalışma ömürleri çok uzundur, küçük boyutları vardır ve az enerji tüketimi ile düşük elektrikle besleme gereklimleri vardır.
- ❖ ITL-CCD (Interline Transver) doğrusal iletimli sensörlerdir.
- ❖ FT (Frame Transver) sensörü tümüyle görüntünün iletimini içerir.
- ❖ Optobağdaştırıcı, LED diyottan fototransistöre elektrik temas kurmadan, ışık sinyalinin iletimini sağlar.
- ❖ Lazer (İngilizce) **LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation)** (Radyasyonun Uyarılmış Emisyonu ile Işık Kuvvetlendirilmesi), uyarılmış ışığa yardımıyla elde edilen ışığın monokromatik ve kesin eşvrelili dalgaların optik üreticisidir.

#### SORULAR VE ÖDEVLER

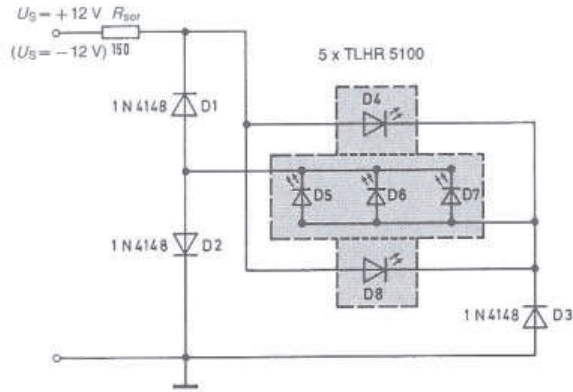
1. Fotodiyot ve LED diyodu arasında fark nedir?
2. İç foto etkisi nasıl kullanılıyor?
3. Foto çoğaltma prensibini açıkla.
4. Tarayıcılarda hangi CCD sensörler kullanılıyor?
5. Tarayıcılarda CCD ve CIS kurgular arasında farkları belirle!
6. FILT iletiminde CCD sensörlerin çalışma prensibi nedir?
7. CCD sensörleri nerede kullanım görüyor?
8. Hangi lazer türleri var ve onların çalışma prensipleri hangileridir?
9. Lazerler nerede kullanılıyor?
10. Optobağdaştırıcı nedir?

## 1. OPTOELEKTRONİK KURGULAR VE CİHAZLAR

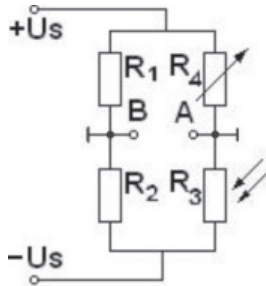
**Ödev 1.** Resimdeki elektrik devre için  $U_{out}$ 'u belirle.



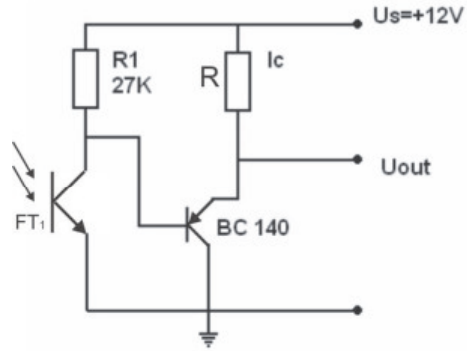
**Ödev 2.** Resimdeki devrenin çalışmasını incele (hangi diyodun aydınlanacağını açıkla).



**Ödev 3.** Verilen elektrik devre için  $R_3$  direncine bağlı olarak  $U_{AB}$  gerilimi için ifade tanımlansın.



**Ödev 4.** Verilen devre için  $U_{out}$  değerini belirleyen ifadeyi tanımla.

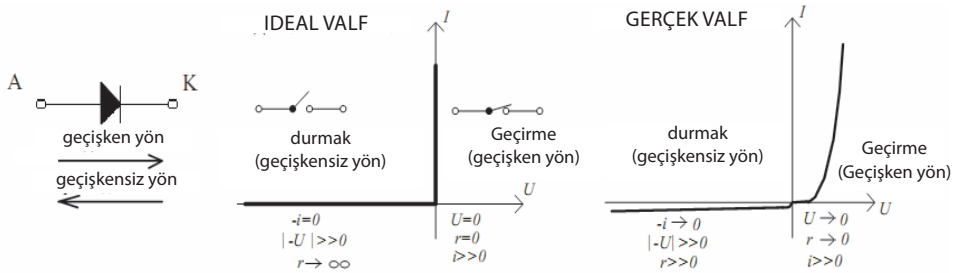




## 2. TRİSTÖRLER

### 2.1 TRİSTÖR YARIİLETKEN ELEMANI

**E**lektronik cihazlar iç yapılarında giderek daha fazla yarıiletken elemanlarını içeriyorlar. Bu elemanlar kuvvetlendirici kurgularda, sinyallerin işletme ve iletim sistemlerinde, ölçme cihazlarında, bir sinyalin bir ya da fazla parametresi değişerek (sinyalin parametreleri sinyalin dalga şekli, ampitüdü ve frekansdır) başka sinyale dönüştürme cihazlarında uygulanıyor. Elektronik cihazlarda kullanılan yarıiletken elemanları, birkaç onluk vat'a (W) kadar düşük güçlerle çalışıyorlar, büyük güçlerde kullanıldıkları zaman ise yönetim sistemlerin, otomatik yönetim cihazların ve belli süreçlerin ayarlama cihazlarının ek sistemlerinde kullanım görüyorlar.



Res. 2-1. Diyodun sembolü ve özelliği

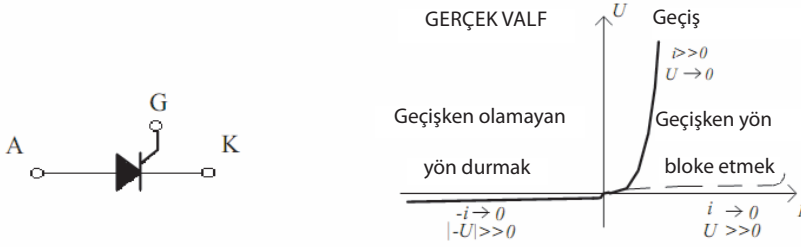
En basit yarıiletken elemanı, iki yarıiletkenden oluşan diyottur. Bir yarıiletken p-türündendir, diğeri ise n-türündendir.

Diyodun ideal özelliği, sadece iki durumu olan – biri açık (ondan elektrik akıymıyor, uçlarına ise gerilim hükmediyor) diğeri kapalı durumu (uçlarındaki gerilim sıfırdır, ve ondan elektrik akıyor) olan bir anahtarın çalışmasıyla eşdeğerlendirilebilir. Bu özellikten dolayı (bir yönde çalışıyor – diğesinde çalışmıyor) sıkça valf olarak da adlandırılır. Valfın

elektrik sembolü ve özelliği Res.2-1’de gösterilmiştir. Aynı resimde diyodun gerçek (real) özelliği de gösterilmiştir (gerçek valf).

Pratikte, diyot geçişken çalışma düzeninde olduğu zaman (kapalı anahtar durumudur), ondan belli değerde elektrik gücü akıyor, uçlarında olan gerilim ise 1V’tan biraz daha küçüktür. Diyot, cereyanı devredeki elemanlara bağlı olan elemandır. Buna göre, diyodun çalışmasında doğrudan etkilenemez.

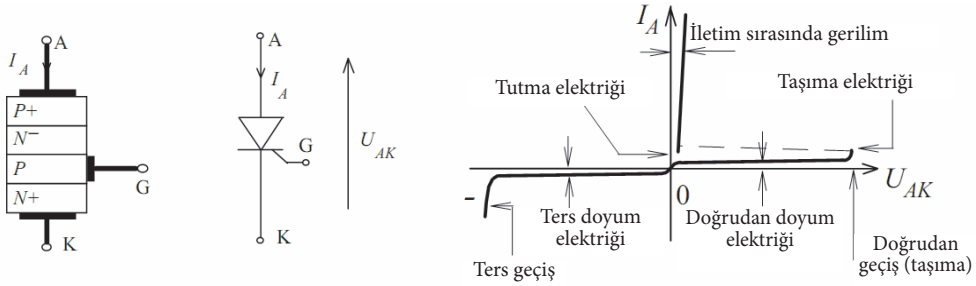
Tristörler dört yarıiletkenden oluşan elemanlardır, onlardan ikisi p-türünden, diğer ikisi ise n-türündendir, ancak diyotlardan farklı olarak üç alıntısı var: A (anot), K (katot) ve G (geyt-kapı). Tristörün elektrik sembolü ve özelliği Res.2-2’de gösterilmiştir.



Res. 2-2. Tristörün sembolü ve özelliği

Tristörün ters kutuplaşması sırasında, diyodun ters kutuplaşması sırasında olduğu gibi açık anahtar olarak tanımlanabilir, ancak doğrudan kutuplaşma sırasında tristör iki durumu olan ikikararlı elemandır – doğrudan bloke etme durumu ve doğrudan geçiş (iletkenlik) durumu. Doğrudan bloke etme durumunda olduğu zaman, tristörden uçlarında U gerilimine (kırılma gerilimine) ulaşılan kadar, ihmal edilebilir kadar az elektrik akıyor. Kırılma gerilim değerine ulaşıncaya kadar, ihmal edilebilir kadar az elektrik akıyor. Kırılma gerilim değerine ulaşıncaya kadar, ihmal edilebilir kadar az elektrik akıyor. Kırılma gerilim değerine ulaşıncaya kadar, ihmal edilebilir kadar az elektrik akıyor. Kırılma gerilim değerine ulaşıncaya kadar, ihmal edilebilir kadar az elektrik akıyor. Bir kararlı durumdan diğer kararlı duruma geçiş süresi çok kısadır. Diyottan farklı olarak, tristörde kapıdan geçen elektrik U kırılma gerilimin büyüklüğünü belirliyor. Demek ki, bir durumdan başka duruma geçiş gerilimi yapıldığı malzemedan belirlenmiş değil, dışardan belirleniyor. Buna göre tristörün çalışmasına doğrudan etkilenebilir.

Tristörün yapısı, sembolü ve U-I özelliği Res.2-3'te gösterilmiştir.



Res. 2-3. Tristörün sembolü ve özelliği

Ters kutuplaşma sırasında ( $U_{AK} < 0$ ), orta tabakalarda az sayıda elektrik yük taşıyıcıları vardır ve tristörden düşük doyum elektriği akıyor. Bu durma durumudur. Trisör doğrudan kutuplaşınca ( $U_{AK} > 0$ ), orta pn-bağlantısı ters kutuplanmış durumdadır ve yüksek elektriklerin akmasına izin vermiyor (bu doğrudan doyum elektriğidir). Doğrudan gerilim  $U_p$  değerine ulaşınca, o zaman bu orta pn-bağlantısı duraklama rolünü kaybediyor ve yüksek elektriğin akması başlıyor, tristörün uçlarındaki gerilim ise azalarak iletken durumuna geçiliyor. **Tristörün iletken durumuna geçmesi**, sonlarındaki gerilimle gerçekleşebilir ya da G(gate-kapı) elektrodun aracılığıyla taşıyıcıların enjekte edilerek yapılır, yani  $I_G$  elektriğin değişmesiyle yada  $U_G$  gerilimin değişmesiyle gerçekleşebilir. Bu işlemler uzak sistemlerden de gerçekleşebilir ve bu yüzden G elektrodun alıntısı bağlanmadan bırakılıyor. Tristör birkaç farklı şekilde iletken durumuna getirebilir: anot ve katot arasındaki  $U_{AK}$  doğrudan gerilimin artırılmasıyla,  $U_{AK}$  gerilimin hızlı değişmesiyle, sıcaklığın artmasıyla. Pratikte tüm bu olanaklar uygulanamıyor.

## 2.2 TRİSTÖR TÜRLERİ

Tristör 4 tabakası olan (p-n-p-n) yarıiletken elemandır. Tristör türleri ve onların U-I (elektrik-gerilim) özellikleri Res.2-4'te gösterilmiştir.

TRİSTÖR	SEMBOL	ÖZELLİK
Diyod tristörü		
Triyot Trisörü (Tiristör)		
N-gate'li Tristör		
Tetrot tristörü		
SITH		
GTO		
MCT		
Diyak		
Triyak		
Foto-tristör		
Ters iletken (RCT)		

Res. 2-4. Tristör türleri ve onların U-I özellikleri

## 2.3 TRİSTÖRLERİN KULLANIMI

Elektrik enerjisi pratik kullanımda bir şekilde, farklı parametrelili (amplitüd ve frekans) başka şekile değişmesi gerekiyor. Böyle değişim için iki yöntem kullanılıyor: elektrik enerjisinin mekanik enerjisine ve yeniden elektrik enerjisine dönüştüğü elektrikli makineler yardımıyla ve statik dönüştürücülerle (elektrik devrelerle). Birinci dönüştürme yönteminde büyük enerji kaybı vardır ve bundan dolayı verimli değildir. İkinci yöntemin ise yüksek yararlı etki katsayısı vardır ve mekanik elemanlar içermiyor, az gecikme zamanı var, çalışma ömrü çok daha uzundur. Elektrik enerjisinin, Tablo 2-1’de gösterilen dört farklı temel dönüşmesini ayırıyoruz (aslında sözkonusu gerilim dönüştürmesidir).

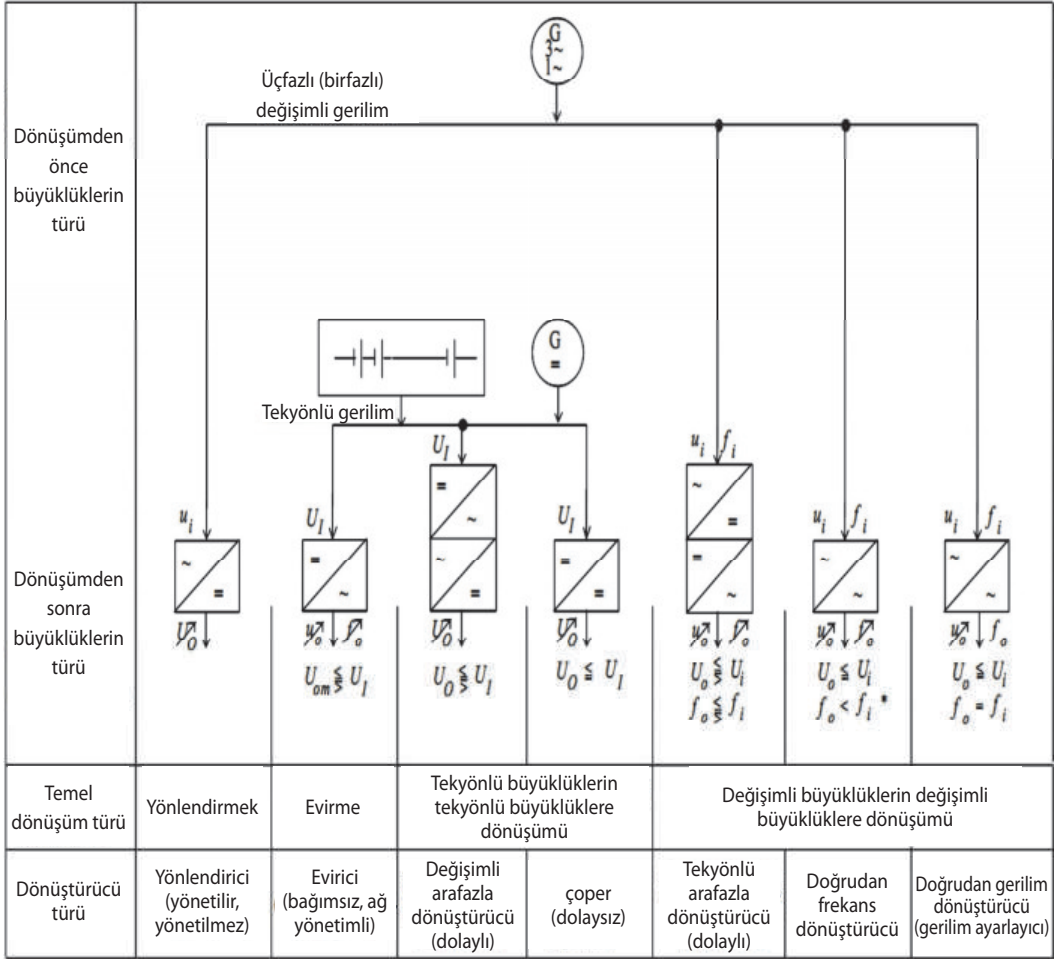
Tablo 2-1. Elektrik enerjisinin dönüştürülmesi

1.	$\sim \rightarrow -$	Enerji alternatif (değişimli) şekilden tekyönlü şekile dönüşüyor, frekans verilen değerden $f=0\text{Hz}$ olan gerilime – tekyönlü gerilime değişiyor, cihazlar yönlendirici ya da AC/DC dönüştürücüler olarak biliniyor.
2.	$- \rightarrow \sim$	Tekyönlü şekilde alternatif şekile dönüştürmek, frekansın değişimi oluyor ve bunlar DC/AC dönüştürücüleridir.
3.	$\sim \rightarrow \sim$	Değişimli gerilimden değişimli gerilime dönüştürme, bu arada amplitüd değişebilir ya da sinyalin frekansı da değişebilir (frekans dönüştürücü), bunlar AC/AC dönüştürücüdür.
4.	$- \rightarrow -$	Tekyönlü şekilden tekyönlü şekile dönüştürme (ikisi de tekyönlüdür), ancak amplitüd değişimi meydana geliyor, burada cihazlar kuvvetlendiriciler ya da DC/DC dönüştürücüler olarak adlandırılıyor.

Elektrik enerjisinin dönüştürücülerine ait uygulama Res.2-5’te verilmiştir.

1. AC/DC dönüştürücüler birfazlı ya da üçfazlı elektrik enerjisini tekyönlü elektrik enerjisine dönüştürüyor (değişimli elektrikten tekyönlü elektrige) ve yönetilir olabilir (tekyönlü çıkış gerilimin amplitüdüyle yönetilebilir) ya da yönetilmeyen olabilirler. Uygulamalarına tekyönlü

- cihazlarda ve makinelerde, pil şarjlarında ve diğerlerde elektrik kaynağı olarak rastlanabilir.
2. DC/AC dönüştürücü ağ yönetimli dönüştürücü olarak uygulanabilir. Bu arada tekyönlü bölümden değişimli bölüme elektrik enerjisinin doğrudan akması sağlanıyor ve dönüştürme doğrudan yapılıyor. Diğer dönüştürücü türünde bazı dış cihaz tarafından yönetim gerçekleştirilir, frekans rastgele değişkendir ve dönüşüm dolaylı yapılıyor.



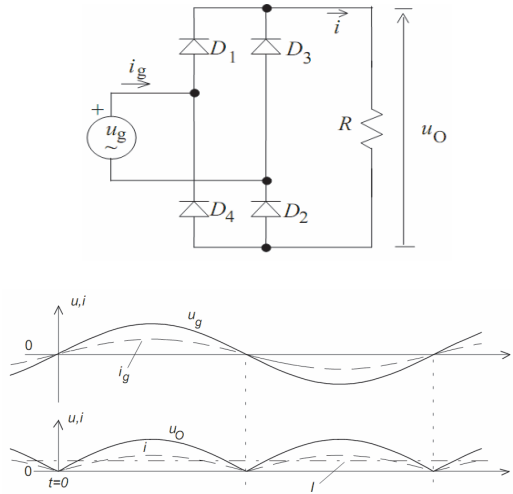
Res. 2-5. Uygulamaya göre elektrik enerjisi dönüştürülme gösterimi

3. AC/AC dönüştürücü gerilim transformatörü olarak gerçekleştirilebilir. Bu arada frekans değişmiyor, çıkış geriliminin giriş gerilimi ya da frekans dönüştürücülerden daha az ya da onlara eşit amplitüdü vardır. Çıkış geriliminin giriş gerilimiyle ne frekansı ne de amplitüdü eşit değildir.
4. DC/DC dönüştürücüler dolaysız ve dolaylı olarak ayrılıyor. Dolaysız dönüştürücüler tristörler ya da transistör çöperleri (girişin çıkışla doğrudan bağlanmasını sağlıyor) kullanılıyor, bu arada çıkış gerilimi giriş gerilimden daha küçük ya da eşittir. Dolaylı dönüştürücülerde tekyönlü gerilimden değişimli gerilime dönüştürülüyor ve ondan sonra yeniden tekyönlü gerilime geri dönülüyor. Bu arada çıkış geriliminin, giriş gerilime kıyasen daha düşük, eşit ya da daha büyük amplitüdü olmasına izin verilir.

### 2.3.1 AC/DC Dönüştürücüler

Bu dönüştürücüler değişimli sinyalleri tekyönlü sinyallere dönüştürmek için kullanılıyor. Pratik kullanımda bu dönüştürücüler yönlendiriciler olarak da biliniyor ve iki türe ayrılıyor: çıkış sinyalinin yönetildiği yönetimli ve yönetimsiz.

#### Yönetilmeyen AC/DC Dönüştürücüler



Res. 2-6. Greinert yönlendiricisi ve onun çıkış gerilimi

Yönetilmeyen dönüştürücüler diyotlarla gerçekleştirerek bir, iki ya da dört diyotla yapılır. Bir ve iki diyotlu yönlendiricilerin çıkış sinyallerin arasında büyük dalga tür farkları olabilir ve bundan dolayı geniş pratik kullanımları yoktur. Grets yönlendiricisi adıyla da bilinen dört diyotlu yönlendiricinin gerçekleşmesi ve çıkış sinyali (Res.2-6-a)'da gösterilmiştir.

Girişte pozitif yarıperiyot getirilirse D1 ve D2 diyotları iletiyor, diğer iki diyot ise iletmeyen durumdadır, girişte negatif yarıperiyot gelirse o zaman ilk iki diyot iletmeyenken, D3 ve D4 diyotları iletken duruma giriyorlar. Çıkış gerilimin şekli (Res.2-6-b)'de gösterilmiştir. Çıkış sinyalinin hala karışık olduğu görünüyor, ancak pratikte yüklemmeden önce çıkış sinyalini “ütüleme” rolü olan bir kapasitör ekleniyor. Bu şekilde çıkış geriliminin dalgalılığı olmayacak, ancak çıkıştaki amplitüd sadece kullanılan elemanlara bağlı olacak ve etkilenemeyecek.. Etkilemenin sağlanması için yönetilir dönüştürücüler kullanılıyor.

### **Yönetilen AC/DC Dönüştürücüsü**

Diyodlu yönlendiriciler, çıkış geriliminin büyüklüğünün yönetilmesi gerekmeyen yerlerde kullanılıyor. Ancak çıkış gerilimin büyüklüğünü sıkça etkilemek gerekiyor ve bu yüzden diyotlar, yönetim elemanları tanımlayan tristörlerle değiştiriliyorlar. Yönetilir yönlendiricilerin çalışma prensibi, tristörün giriş geriliminin her periyodu için ne zaman iletmeye bağlayacağı anın (çalışma noktasının) zaman kontrolüdür. Böylece tekyönlü çıkışta meydana gelecek giriş gerilimi bileşeni seçilebilecek. Yönetim parametrelerinin ve gerilimin faz bağımlılığından dolayı bu tür yönlendiriciler sıkça faz-yönetilir yönlendiriciler olarak adlandırılıyorlar.

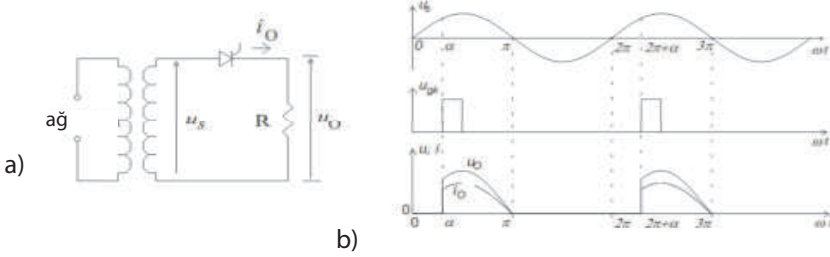
Yönetilen AC/DC dönüştürücüleri, Grats yönlendiricide olduğu gibi köprü yönlendiricide bağlı olan tristörlerle gerçekleşiyor ve iki türe ayrılıyor: bir-fazlı tam dalgalı ve üç-fazlı tam dalgalı yönlendirici.

### **Bir-fazlı tam dalgalı yönlendirici**

Yönetilen bir-fazlı yönlendiricinin uygulaması ve gerilimlerin zamanlama diyagramları Res.2-7'de verilmiştir. Elektrik ile besleme doğrudan ağdan ya da transformatör aracılığıyla yapılabilir, tristör ise o şekilde olmalıdır ki onun doğrudan ve ters gerilim gerilimin besleme geriliminden daha büyük olmalıdır.

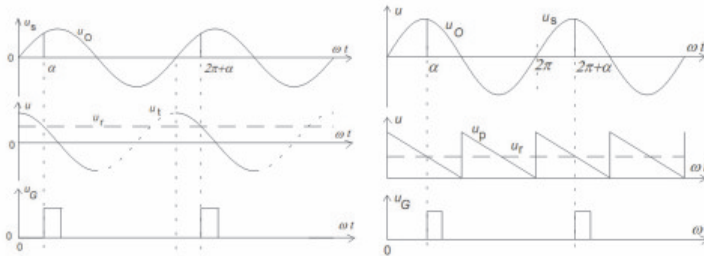


Transformatörün sekonderine pozitif yarıperiyot meydana gelince, tristörün anodu katottan daha yüksek potansiyeldedir ve geyt'te uygun yönlendirici vuruyla tristör iletken duruma getirilebilir. Anot gerilimi sıfıra düşünce tristörde elektrik otomatik olarak kesiliyor, bu da  $u_s$  gerilimin pozitif yarıperiyodun sona erdiği andır.



Res.2-7. Birfazlı yönlendirici; a) elektrik şeması b) zamanlama diyagramı

Yönlendiricinin tüm parametreleri tristörün iletmeye başladığı açı -  $\alpha$ 'ya bağlıdır. Tristörün etkinleşme açısının yönetilmesiyle, çıkış gerilimin orta değeri devamlı değişebilir. Etkinleşme açısının yönetilmesi, Res. 2-8. gösterilmiş olan iki şekilde yapılabilir: kosinüs yönetmeyle (analog devrelerinde kullanılır) ve testere gerilimle (analog ve dijital devrelerde kullanılıyor).



Res. 2-8. a) kosinüs gerilimle b) testere gerilimle yönetim

Birinci yönetim şekli kosinüs gerilimlemdir. Kosinüs gerilimi ağda sinyalin  $\pi/2$  için değişmesiyle ve tristörün tahrik edilmesi için amplitüdün uygun değere uygun azalmasıyla üretiliyor. Bu sinyal en yüksek değere, etkinleşme açısının değeri sıfır olduğu anda ulaşıyor. Etkinleşme açısı pals vuru-

su ve çıkış gerilimi için istenen değeri tanımlayan bazı referans gerilim  $u_r$  arasında kesit olarak belirleniyor. Pals sinyali ağdan üretiliyor. Buna göre ağ tüm değişiklikleri takip ederek bu şekilde öz ayarlama sağlanıyor. Ağda amplitüdün veya frekansın değişmesi otomatik olarak pals sinyaline yansıyor ve deşimeyen referans gerilimi sırasında çıkış gerilimi de değişmeyecek. Bu yönetme şekli eşzamanlamayı aratmıyor, çünkü ağ ve pals gerilimi her zaman aynı fazlı ilişkidir.

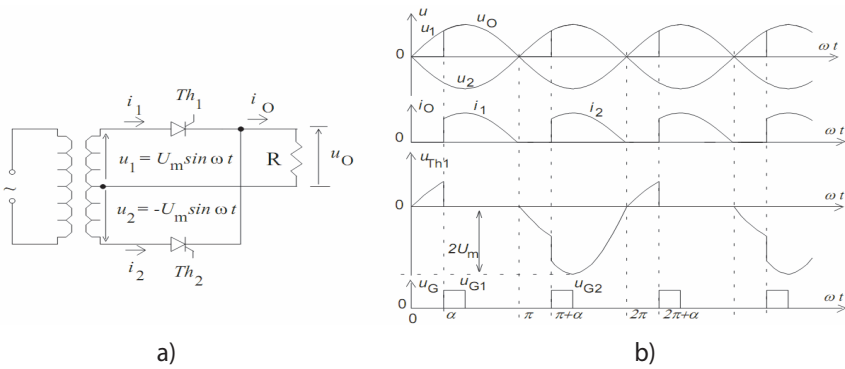
İkinci yönetme şekli testere gerilimin üretmesiyle yapılıyor. Bu gerilimin ağ sinyaliyle aynı frekansı var. Tristörün etkinleşme açısı şu ifadeyle hesaplanıyor:

$$\alpha = 180^\circ(1 - u_r/u_p) \dots \dots \dots (2-1)$$

Bu yönetme şeklinde ağ ve testere sinyali (gerilimi) arasında eşzamanlama gerekiyor. Yönetme cihazıyla tristörün etkinleşme aşısına uygun düzeltme sağlanmazsa, ağ geriliminde meydana gelen tüm değişiklikler çıkışa yansıtacak.

### Birfazla Yönetilen Tamdalga Yönlendirici

Giriş değişimli gerilimindeki iki yarıperiyodu istifade etme pratikliği, çıkışın daha az dalgalı olduğunda, köprünün uygulanmasıyla gerçekleşiyor. Gerilimlerin ve elektriklerin uygulanması ve diyagramları Res.2-9'da gösterilmiştir.



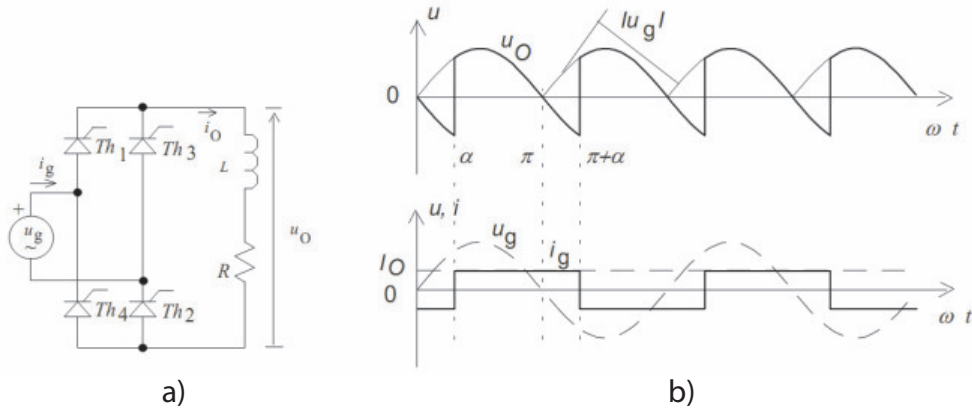
Res. 2-9. Tamdalga yönlendirici: a) elektrik devre, b) gerilimlerin ve elektriklerin dalga şekilleri

Doğrudan kutuplaşma sırasında tristörün gerilimi  $U_m$ 'ye kadar değerler alabilir, ters kutuplaşma sırasında ise  $-2U_m$ 'ye kadar değerler alabilir. Tristörden akan elektrik giriş gerilimin uygun yarıperiyodun sonunda kesiliyor. Çıkış gerilimin ve elektriğin  $\alpha=0$ ,  $I_{\text{omax}}=2U_m/(\pi R)$  ve  $U_{\text{omax}}=2U_m/\pi$  için en yüksek değerleri vardır. En yüksek iletme açısı  $180^\circ$  'dir

Günümüzde pratikte yönlendirici köprü yapıları kullanılıyor. Gereğe göre dört tristörle veya iki tristör ve iki diyotla gerçekleştirilir.

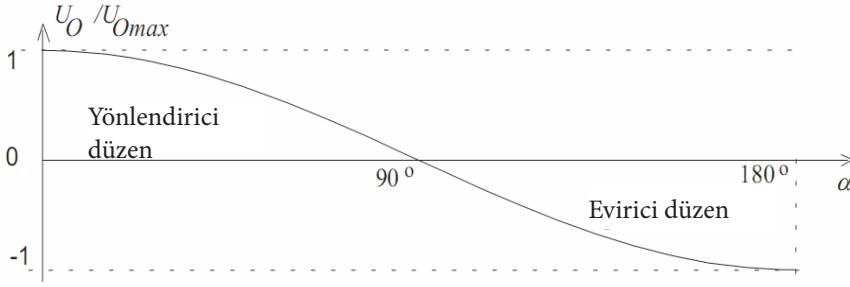
### Tam Yönetilen Yönlendirici Köprüsü

Tam yönetilen birfazlı yönetme köprüsünün yapısı Res.2-10'da gösterilmiştir. Devre gerçek endüktif tüketiciyle yükleniyor. Devredeki elektrik sürekli ve sabit değerlidir. Çıkış gerilimin değeri  $U_o=(2U_g \cos \alpha)/\pi$  'dir.



Res. 2-10. Birfazlı tam yönetilen yönlendirici köprüsünün yapısı  
a) elektrik devre b) gerilimin ve elektriğin dalga şekli

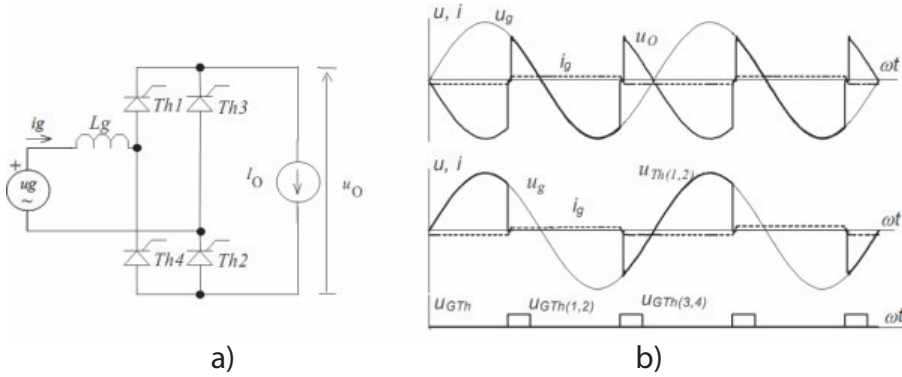
En yüksek çıkış gerilimi  $U_{\text{omax}}=2U_m/\pi$ 'dir, ve bu değer  $\alpha=0$  için elde ediliyor.  $\alpha>90^\circ$  olunca çıkış gerilimi negatiftir ve bu durumda yönlendirici evirik çalışma düzenine geçiyor. Çıkış gerilimi ve etkinleşme açısı arasındaki bağıllık diyagramı Res.2-11'de gösterilmiştir.



Res. 2-11. Çıkış gerilimin  $\alpha$  açısından bağımlılığı

### Yarıyönetilen Yönlendirici Köprü

Yarıyönetilen yönlendirici köprüsü gerilimin ve elektriğin dalga şekilleri ise beraber Res.2-12'de gösterilmiştir. Bu uygulama, diyodun varolduğunun sonucu olarak sadece bir çeyrekte çalışmayı sağlıyor.

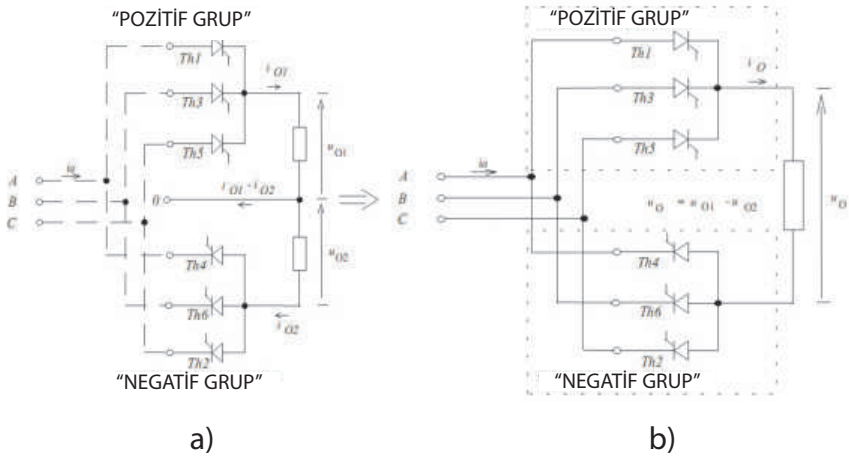


Res. 2-12. Yarıyönetilen yönlendirici köprü a) elektrik devre  
b) gerilimlerin ve elektriklerin dalga şekilleri

Etkinleşme açısı  $180^\circ$  değerindedir.

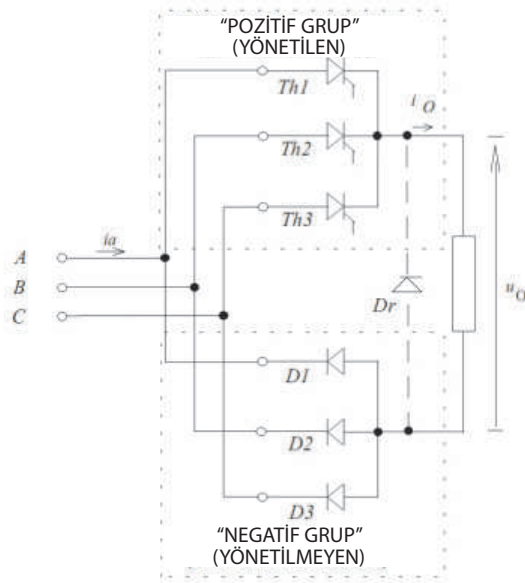
### Üçfazlı Yönlendirici Köprü

Üçfazlı köprü Res.2-13'te gösterilen yönlendiricidir. Tistörlerin “pozitif grubu” ve “negatif grubu” olmasından dolayı, elektrik her zaman iki dizel tristörden akacak ve bu arada çıkış gerilimi pozitif ve negatif grupların gerilimlerinin toplamıdır.



Res. 2-13. Üçfazlı köprülü yönlendirici a) iki üçfazlı yönlendiricinin bağlanması, b) tam yönetilen üçfazlı yönlendirici köprüsü

Üçfazlı yarıyönetilen köprü Res.2-14'te gösterilmiştir. Yönetilen pozitif ve yönetilmeyen negatif gruptan oluşuyor.

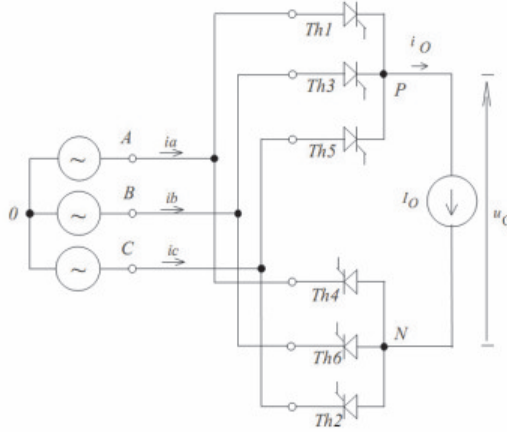


Res. 2-14. Üçfazlı yarıyönetilen köprü

Pozitif yönetilen grup tristörlerle gerçekleşiyor, negatif yönetilmeyen grup ise diyotlarla gerçekleşiyor.

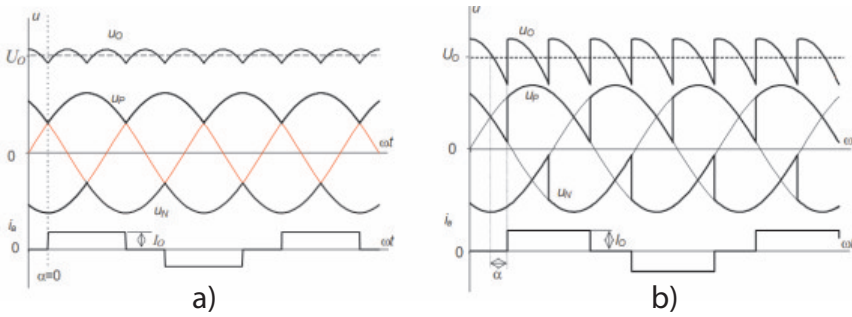
Tristörün boşaltmanın sağlanması için ve düzenli kapatma düzenin sağlanması için  $D_r$  diyodu da bağlanmıyor

Tüketici olarak sabit elektrik kaynağı olan üçfazlı yönetilen yönlendirici köprü Res.2-15'te verilmiştir



Res. 2-15. Üçfazlı tam yönetilen yönlendirici köprü

$\alpha=0$  ve  $\alpha>0$  için pozitif ve negatif tristör gruplarından oluşan çıkış gerilimin dalgasal şekli ve fazdaki elektrik, Res.2-16'da verilmiştir.

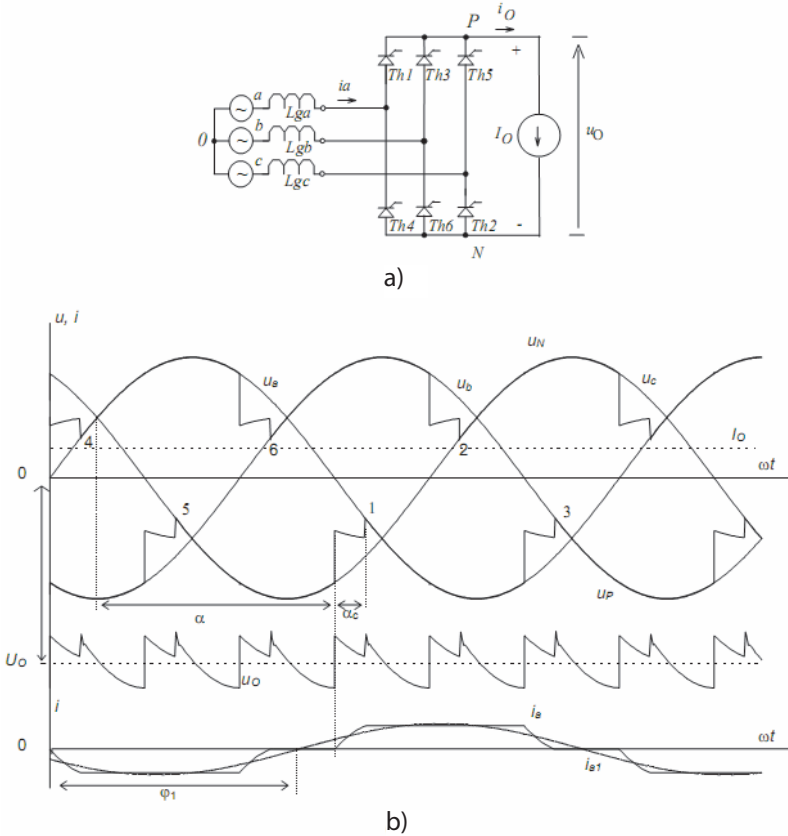


Res. 2-16. a)  $\alpha=0$  ve b)  $\alpha>0$  için üçfazlı yönlendirici köprüde çıkış gerilimi

Bu uygulama 31% değerinde olan harmonik biçim bozuklukları oluşturuyor.

### Evirici Çalışma Düzeninde Üçfazlı Yönlendirici Köprü

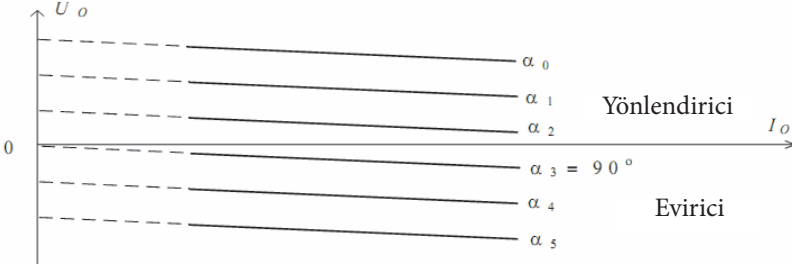
Tristörün etkileşen açısı  $90^0$  ile  $180^0$  arasında olduğu zaman, yönlendirici evirici çalışma düzenindedir. Buna göre çıkıştaki tekyönlü gerilim pozitif elektrik sırasında negatif olacak ve enerji harcaıcıdan besleme ağzına taşınacak. Bu uygulama, gerilimin ve elektriğin dalgasal şekilleri Res.2-17'de gösterilmiştir. Pratikte harcaıcıyı tanımlayan kaynağın negatif gerilimi olmalıdır.



Res. 2-17. Eviricinin elektrik devresi a) elektrik devre, b) gerilimlerin ve elektriklerin dalga şekilleri

Pratikte böyle devrelerin çalıştırıldıkları zaman dikkat edilmelidir. Genelde çalıştırıldıkları sırasında nispeten büyük etkinleştirme açıyla ve harcaıcıdan sürekli olmayan elektrikle başlanıyor, ondan sonra ise açılı gerilim ve elektrik için gereken değere ulaşılan kadar yavaş yavaş azalıyor.

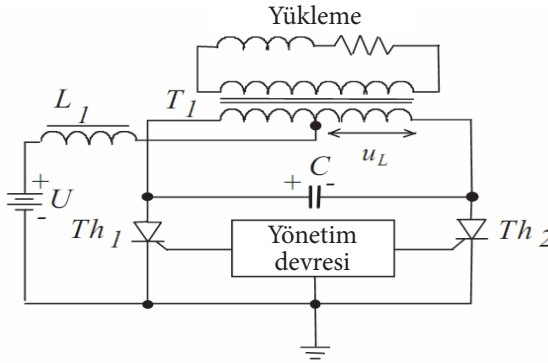
Çıkış gerilimin tekyönlü değerinin, gerçek üçfazlı tam yönetilen yönlendirici köprüde yönlendirici ve evirici çalışma düzenindeki elektrikten bağımlılığı Res.2-18'de verilmiştir.



Res. 2-18. Tekyönlü çıkış gerilimin tekyönlü çıkış elektriğinden bağımlılığı

### 2.3.2 DC/AC Dönüştürücü (Evirici)

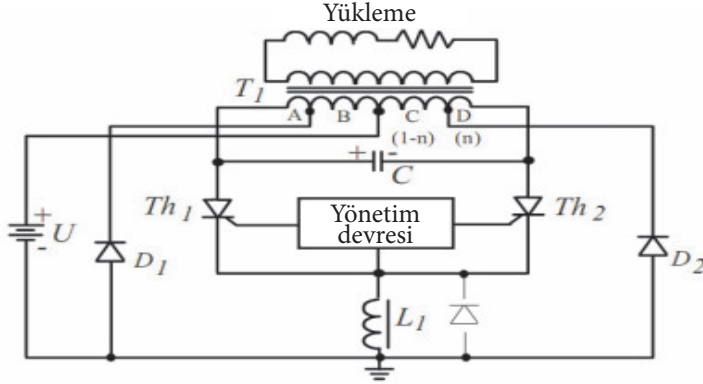
Tristörlerin bağımsız devrelerde geniş kullanımları vardır ve bunlarda tekyönlü sinyal değişimli sinyale değişiyor (evirici). Birfazlı eviriciler temel paralel evirici, dizisel bağlantılı paralel evirici, birfazlı evirici köprü ve dizisel evirici olarak gerçekleşiyor. Temel paralel evirici adını C kapasitörün yüklemelerle paralel bağlı olduğundan dolayı almış (bu durumda harcıyıcıyı besleyen transformatör birincili) ve onun gerçekleşmesi Res.2-19'da verilmiştir. Kapasitör iki U ile doluyor,  $L_1$  ise tekyönlü kaynaktan elektrik titreşimleri sönmek için kullanılıyor.



Res. 2-19. Paralel evirici



Küçük yüklemeler sırasında C kapasitörü daha yavaş boşanıyor.  $u_L$ 'nin üçgen şekli var ve U besleme gerilimin değerinden daha büyük maksimum değeri var. Bu eviricinin olumsuz tarafı şudur: devrenin kapatma süresi tris-törlerin kapatma süresinden daha büyük olmalıdır ve endüktif yükleme sı-rasında uygun ve büyük C gerekiyor. Bu sorunları çözmek için geri bağlantı ekleniyor ve böyle bir uygulama Res.2-20'de gösterilmiştir.

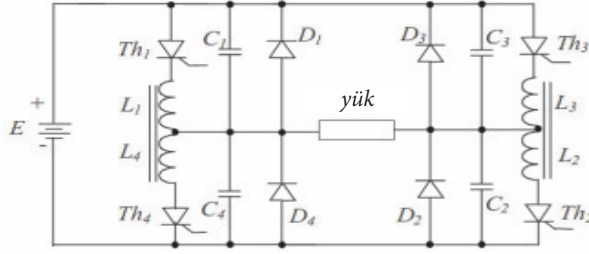


Res. 2-20. Geri bağlantılı paralel evirici

$D_1$  ve  $D_2$  diyotları daha büyük endüktif yüklemeler sırasında da çalış-mayı sağlıyor. Tristörlerde gerilim  $2U$ 'dan biraz daha büyüktür ve yükleme-ye bağlı olarak değişmiyor.  $L_1$  endüktansı aşılmıştır ve C kapasitörle yankı-lanarak daha uzun zaman aralığında tristöre negatif gerilim sağlanıyor. Bu devrenin normal çalışması için her tristörün çift ardaşıl etkinleştirilmesi ge-rekıyor. Birinci vuru önceki aralığa (yarıperiyoda) ileten tristörün kapanma-sına yol açacak, ikinci vuru ise çalışma vurusudur.

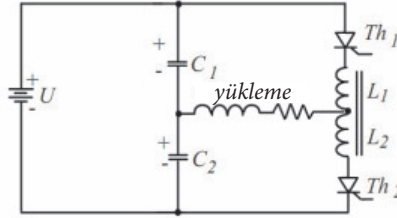
Birfazlı evirici köprü Res.2-21'de gösterilmiştir ve bu arada çalıştırmak ikişer tristörde değişimli olarak yapıyor.

Elektriğin sağlanması için, yük üzerinden ikişer tristör iletmelidir, yü-kün endüktif özelliği varsa ve enerji biriktirebilirse, elektrik devresi, devrede bağlanmış diyotlardan biriyle de kapanabilir.



Res. 2-21. Birfazlı evirici köprü

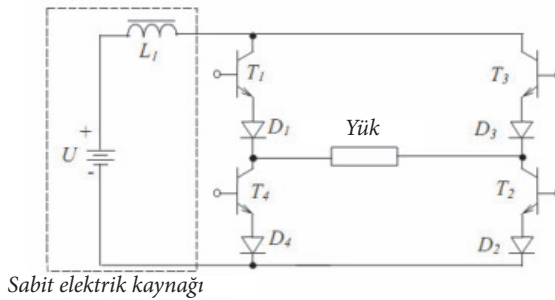
Dizisel evirici Res.2-22’de gösterilmiştir. Tristörün kapanması, rezonans devresinde elektriğin yön değiştirmesi gerektiği anda yapılıyor. En erken olarak o anda ikinci tristör etkinleşebilir. Böylece birinci tristörün kapanma süreci güçlendiriliyor. Çünkü birinci tristörde ikinci tristörün iletmeye başlaması için ters gerilim hızlandırılıyor.



Res. 2-22. Dizisel evirici

### Birfazlı Elektrik Eviricisi

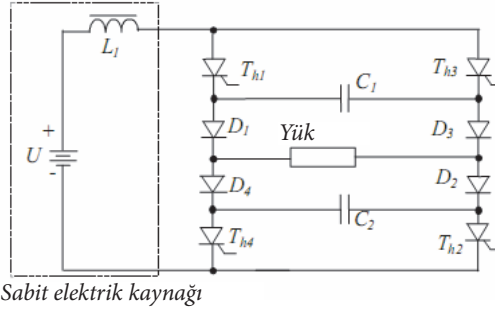
Tekyönlü enerji kaynağı özelliklerine göre elektrik kaynağına uygundur ve ona elektrik eviricisi denir. Elektrik evirici Res.2-23’te gösterilmiştir. Birfazlı elektrik eviricinin yapısı iki kutuplu transistörlerden anahtarlamalı elemanlarla gerçekleşiyor.



Sabit elektrik kaynağı

Res. 2-23. Birfazlı elektrik evirici köprüsü

Besleme kaynağından sabit elektrik endüktivitinin dizisel bağlantıyla ve eviriciyle sağlanıyor. Diyotların ve transistörlerin dizisel bağlantısı evirici gerilimler sırasında başarılı bloke etmek için gereklidir. Tristörlerle gerçekleştirilmiş elektrikli evirici köprü Res.2-24'te gösterilmiştir.

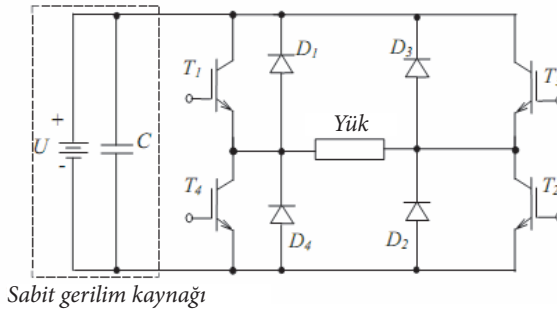


Sabit elektrik kaynağı  
Res. 2-24. Tristörlü elektrikli evirici köprü

$Th_1$  ve  $Th_2$  tristörleri iletken durumda iken,  $C_1$  ve  $C_2$  kapasitörleri doludur.  $Th_3$  ve  $Th_4$  tristörlerin etkinleştirilmesiyle dönüşüm süreci başlıyor. Kapasitörler  $Th_1$  ve  $Th_2$  tristörleri ters kutuplaştırıyor ve onlar yavaş yavaş kapanıyor. Elektrik  $Th_3$ ,  $C_1$ ,  $D_1$ , yük,  $D_2$ ,  $C_2$  ve  $Th_4$ 'ten geçiyor. Kapasitörler kademeli olarak boşanıyor ve ondan sonra kademeli olarak ters yönde doluyorlar. Kapasitörler dolunca elektrik harcıyıcıdan ters yönde akmaya başlıyor.

### Birfazlı Gerilim Eviricisi

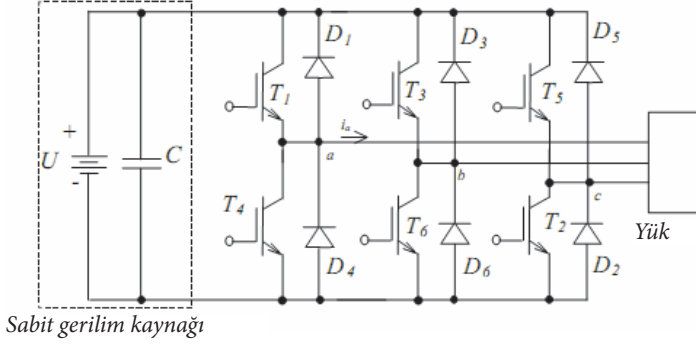
Kaynak özelliklerine göre gerilim kaynağına uyarsa, o zaman Res.2-25'te gösterilmiş gerilim eviricisi sözkonusudur.



Sabit gerilim kaynağı  
Res. 2-25. Birfazlı gerilim eviricisi

### Üçfazlı Evirici

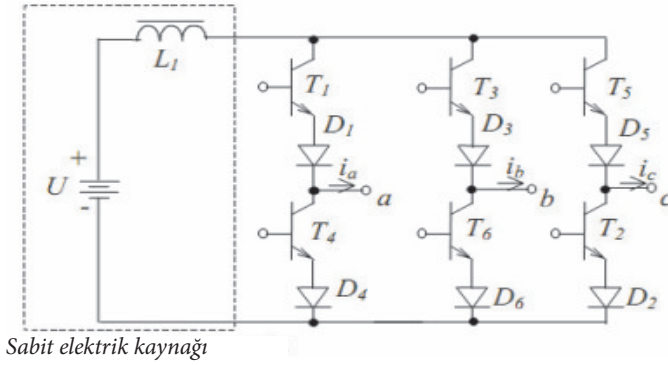
Eviriciler sıkça üçfazlı bir harcıyıcının elektrikle beslenmesi sırasında üçfazlı sistem üretmek için kullanılırlar. Çalışma prensibi birfazlı eviricilere benzerdir. Eviricilerin gerilimlere ve elektriklere ayırımı üçfazlı yapılar için de geçerlidir. Üçfazlı gerilim köprülü evirici Res.2-26'da gösterilmiştir.



Res. 2-26. Üçfazlı gerilim eviricisi

Üçfazlı harcıyıcı endüktif türündendir ve üçgende bağlanmıştır.

İki kutuplu transistörlerle gerçekleşen üçfazlı elektrik eviricisi Res.2-27'de gösterilmiştir.



Res. 2-27. Üçfazlı elektrik eviricisi

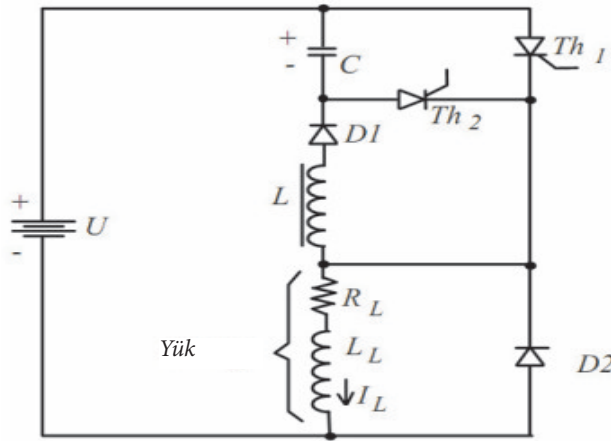
Çalışma şekli birfazlı eviricinin çalışma şekline benzerdir, diyotlar ise transistör yayınlayıcının ters kutuplaşması sırasında düzgün çalışmayı sağlıyor. Harcıyıcı üçgende a,b ve c noktaları arasında bağlıdır.

### Rezonans Eviricisi

Dönüştürücülerde tristörler, istenen biçim ve elektriğin elde edilmesini sağlayacak şekilde yönetiliyor. Bu yönetme şekli, elektrik için yüksek değişme hızı sağlayarak harcıyıcıdan normal elektrikler sırasında açılıp kapanmasını gerektiriyor. Açılma ve kapanma sırasında meydana gelen kayıplar, devredeki toplam kayıpların önemli payı oluyor. Böyle eviriciler, diğer cihazların çalışmasını da etkileyen önemli elektromanyetik engeller de oluşturuyor. Gerilimin ya da elektriğin değeri sıfır olunca elemanların açılıp kapanmasıyla, böyle yönetimin olumsuz tarafları en aza indirilebilir ya da tamamen giderilebilir. Gerilim ve elektrik sıfır değerine, rezonans LC devrenin eklenmesiyle getirilebilir. Rezonans devrenin kullanılmasından dolayı bu eviricilere rezonans eviriciler adı verilmiş. Böyle bir dönüştürücü için örnek olarak elektriğin rezonans titreşimlere temellenen dizisel eviricisidir. Bu evirici, yüksek çıkış frekanslar sırasında (200Hz-100kHz), sinüsoid dalgasına yakın şekiller üretiyor.

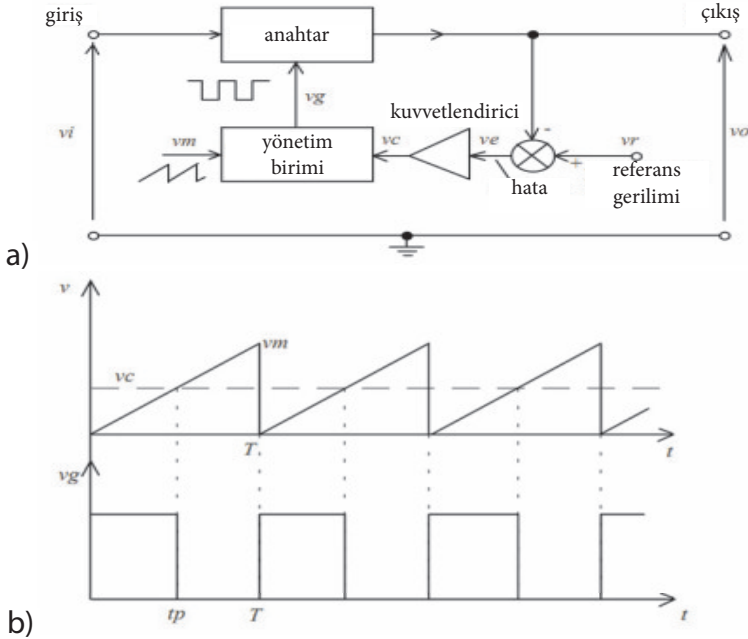
### 2.3.3 DC/DC Dönüştürücüler

Çoper adıyla da bilinen DC/DC dönüştürücülerde, çıkış gerilimi genelde giriş geriliminden daha alçaktır. Tipik kullanımları tekyönlü motorların yönetim sistemlerindedir. Tristör çoperin temel yapısı Res.2-28'de gösterilmiştir.



Res. 2 -28. Tristör çoperin yapısı

$Th_1$  tristörü ana tristördür,  $Th_2$  ise yardımcı tristördür ve ana tristörün kapanması için kullanılıyor. Çalıştırmadan önce C kapasitörün dolu olması sağlanmalıdır.  $Th_1$  tristörü etkinleştirilince harcıyıcıdaki gerilim yükseliyor, C kapasitörü L endüktansla paralel bağlanmış olduğu gibidir ve başlangıç yönden ters yöne rezonans olarak doluyor. D1 diyot kapasitörün endüktansla boşalmasına izin vermiyor. Ana tristörün kapanması yardımcı tristörün aktifleştirilmesiyle sağlanarak ana tristör ve kapasitör arasında paralel bağın kurulması elde ediliyor,  $Th_1$  tristörü ters kutuplaştırılıyor ve yavaş yavaş kapanıyor. Kapasitör +U değerine kadar dolunca, yardımcı tristörden elektrik azalıyor ve kapanıyor. Harcıyıcının endüktif özelliği varsa, harcıyıcıdaki elektrik D2 diyoduyla kapanıyor. Anahtarlı tekyönlü dönüştürücüler (dönüştüreçler) tekyönlü ayarlanmamış gerilim kaynağından tekyönlü ayarlanmış gerilim elde etmek için kullanılıyorlar. Bu dönüştürücülerin yapısı ve yönetim sinyalleri Res.2-29'da gösterilmiştir.



Res. 2-29. Anahtarlamalı dönüştürücü a) blok-model, b) kontrol sinyalleri

Bu dönüştürücülerde çıkış gerilimi sürekli değil ve dalgalanma LC filtrenin yardımıyla azalıyor.

### 2.3.4 AC/AC Dönüştürücüler

#### Frekans Dönüştürücü AC/AC dönüştürücüler

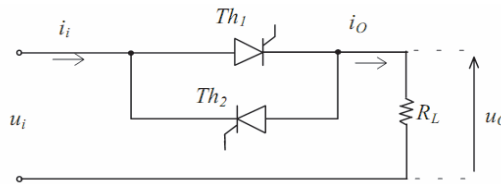
Değişimli enerjiden değişimli enerjiye dönüştüreçler (dönüştürücüler) iki türe ayrılıyor: doğrudan ya da dolaysız (dönüştürme sürecini bir adımda gerçekleştiriyor) ve dolaylı ya da enderekt (dönüştürme iki adımda gerçekleşiyor: yönlendirme ve evirmek). Dolaylı dönüştüreçler yönlendirici eviriciler bölümünde açıklanmıştı. Dolaysız dönüştüreçler gerilim dönüştüreçler ve frekans dönüştüreçler olmak üzere ikiye ayrılıyor.

#### Dolaysız Dönüştüreç – Gerilim Ayarlayıcısı

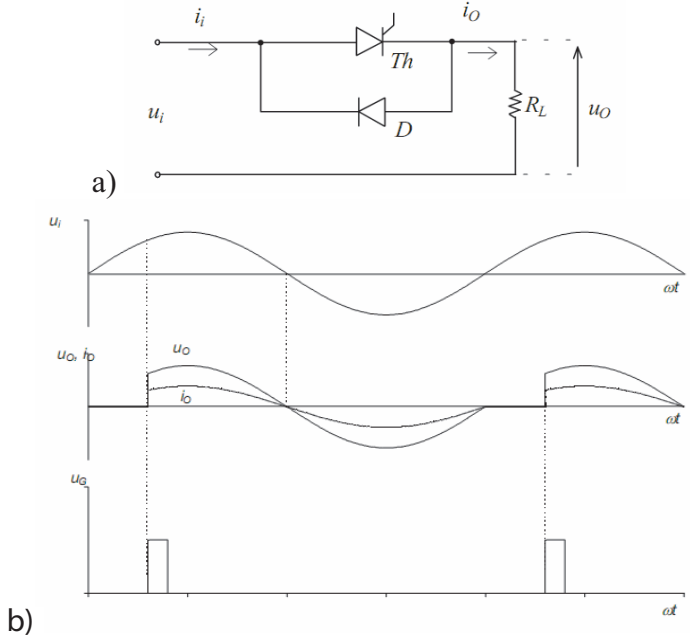
Değişimli kaynak ile harcaıcı arasında yarıiletken anahtar bağlandığı zaman, taşınan güç harcaıcı gerilimin efektif değerinin değişmesiyle değişebiliyor. Bu ayarlayıcılar şu alanlarda kullanılıyor: sanayide ısıtmak için, ışıklandırma ayarlayıcılarda, çokfazlı eşzamanlı olmayan motorların hız yönetiminde vb. Hem periyodik hem fazlı kullanılıyorlar. Periyodik yönetim kaynak ve harcaıcı arasında birkaç periyotta bağlantı kuruyor, ondan sonra da bağlantı birkaç periyod içinde kesilmiş durumdadır. Fazlı yönetimde kaynak ve harcaıcı arasında bağlantı bir periyodun bölümüdür, döngü ise her periyod için tekrarlanıyor

#### Periyodik Yönetim

Periyodik yönetim ve gerilimlerin dalga şekilleri Res.2-30'da verilmiştir



Res. 2-30. Periyodik yönetim a) elektrik devresi,  
b) gerilimlerin dalga şekilleri



Res. 2-31. Birfazlı gerilim ayarlayıcısı a) elektrik devresi, b) gerilimin dalga şekli

Tristörlü çift yönlü anahtar  $t_n$  aralığında harcıyı besleme kaynağıyla bağlıyor,  $t_m$  aralığında ise bağlantı kesiliyor. Tristörler gerilim 0 değeri aldığı zaman açılıyor. Böyle yönetim büyük mekanik gerilmeler ve yüksek termal zaman sabitlerinin meydana geldiği yerlerde kullanılıyorlar.

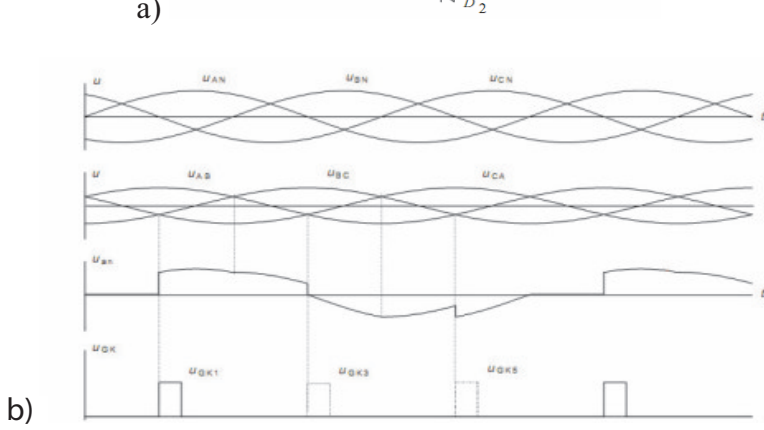
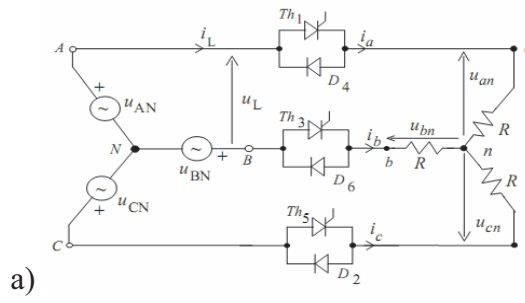
### Fazlı Yönetme

Fazlı yönetim fazlı yönetilen yönlendiricilere temelleniyor. Harcıının gücü tristörlerin etkinleştirme açısının değişimiyle ayarlanıyor. Fazlı yönetilen yönlendirici, gerilimin dalga şekilleriyle Res.2-31'de gösterilmiştir.

### Üçfazlı Yarıyönetilen Gerilim Ayarlayıcısı

Res.2-28'de gösterilen yapı bir üçfazlı sisteme eklenince ve harcıyı yıldız bağlanınca, Res.2-32'de gösterilmiş olan üçfazlı yarıyönetilen gerilim ayarlayıcı elde ediliyor





Res. 2-32. Üçfazlı yarıiletken gerilim ayarlayıcısı a) elektrik devresi, b) gerilimin dalga şekli

Çalıştırma açısı 0'dan 210°'ye kadar olabilir ve onunla çıkış geriliminin amplitüdüne doğrudan etkilenebilir.

## 2 ÖZET

- ❖ Tristörler dört yarıiletken, ikisi p-türünden ikisi ise n türünden ve üç alıntıdan: A (anot), K(katot) ve G(gate-kapı) oluşan elemanlardır.
- ❖ Tristörün iletken duruma getirilmesi uçlarındaki gerilimle ya da G(gate) elektrodun aracılığıyla taşıyıcıların injekte edilmesiyle, yani  $I_G$  elektriğin değişmesiyle veya  $U_G$  gerilimin değişmesiyle gerçekleşiyor. Bu etki uzak sistemlerden gerçekleştirilebileceğinden dolayı G'nin alıntısı bağlanmadan kalıyor.
- ❖ AC/DC dönüştürücüleri enerjinin değişimli şekilden tekyönlü şekile dönüştürme yapıyorlar, frekans verilen değerden  $f=0\text{Hz}$  frekansı olan tekyönlü gerilime değişiyor. Bu cihazlar **yönlendirici** olarak da biliniyor.
- ❖ DC/AC dönüştürücüler tekyönlü şekilden değişimli şekile dönüşüm yaparak **frekansın değişmesi** meydana geliyor.
- ❖ AC/AC dönüştürücü - amplitüdün değişebileceği ya da sinyal frekansının da değişebileceği değişimli gerilimden değişimli gerilime dönüştürme gerçekleştiriyor ve **frekans dönüştürücü** olarak da biliniyor.
- ❖ DC/DC dönüştürücüler – enerjinin tekyönlü şekilden tekyönlü şekile dönüşüm, ikisi de tekyönlüdür, ancak amplitüplerinde değişim oluşuyor, bu tür cihazlara **kuvvetlendirici de denir**.

**SORULAR VE ÖDEVLER**

1. Yönetilmeyen devrelerde hangi yarıiletken elemanları, yönetilen devreleri ise hangi yarıiletken elemanları kullanılıyor?
2. Tristörün U-I özelliği nasıldır (çiz ve açıkla)?
3. Eleman olarak tristörün hangi dönüştürücülerde kullanıldığını say!
4. Düzelticiler nedir?
5. Eviriciler ne tür kurgulardır?
6. Tekyönlü gerilimden tekyönlü gerilime dönüştürücüler nedir ve nerede kullanılıyorlar?
7. AC/AC dönüşümü gerçekleştiği zaman hangi parametrelere değişim yapılabilir?

---

## 3. AYARLAMA DEVRELERİNDE ELEKTRONİK KURGULAR VE CİHAZLAR

---

**O**tomatizasyon, yönetim işlevini teknik araçları yaparak insanları yönetimden kısmen ya da tamamen serbestleyen mekanizasyonun bir üst derecesidir. Yönetim, verilen bir amacın gerçekleşmesi için nesnelere etkileyen etkinliklerin toplamıdır. Yönetim, sınırlamaların önceden tanımlanmış olduğu ve verilen bir amacın gerçekleşmesi için çözümler getirme ya da farklı olası çözümlerden birinin seçilme sürecidir. Yönetim kanunu olarak sayılan algoritma, sürecin düzgün gerçekleşmesi için, yönetimi etkileyen nesnenin eylem karakterini belirleyen kurallar toplamıdır

Otomatik yönetim ve otomatik ayarlamayı karşılaştırarak, ayarlama yönetimin özel ve daha basit şekli olduğu ortaya çıkıyor.

Buna göre, otomatizasyon ve düzenleme (ayarlama) insanın yokluğunda bir sürecin yönetilmesi demektir. Örneğin bir vananın açılması ve kapanması elle yapılabilir, yarıotomatik (açılmanın ve kapanmanın daha büyük fiziksel güç gerektirdiğinden dolayı elektromotor kullanıyor) ya da tamamen otomatik olabilir. Ya da bir ısıtma sisteminin otomatikleştirilmiş durumda olması için zamanlayıcılar, sensörler, karşılaştırıcılar, termostatlar gerekir.

### 3.1 OTOMATİK YÖNETİM VE DÜZENLEME SİSTEMLERİ

**Otomatik yönetim** terimi, yönetim etkinliklerinin yaratılması için önceden verilmiş algoritmaya uygun olarak ve insanın müdahalesi olmadan

çalışan sistemlerin aracılığıyla işlemlerin yerine getirildiği sürecini ifade ediyor.

Genel anlamda, aralarında belirli bir şekilde etkilemek amacıyla bağlanmış olan yönetilen nesne ve otomatik yönetim cihazından oluşan bütüne **otomatik yönetim sistemi (OYS)** denir.

**Yönetim sistemi** kavramı altında, yönetim nesnenin durumuyla ilgili bilgilerin yardımıyla kompleksli bir nesnenin ya da sürecin yönetilmesini gerçekleştiren elemanlar ve cihazlar toplamı olarak tanımlanıyor.

**Otomatik düzenleme (ayarlama)** terimi altında bir süreci karakterize eden, verilen bir büyüklüğün değerini sabit tutmak ya da verilen kanuna göre büyüklükdeğerinin değişmesi tanımlanıyor. Bunu nesnenin durumunu ölçerek elde edebiliriz ya da nesneye etkileyen değişimin ve nesnenin üzerine ayarlayıcı organın uygun değişimin ölçülmesiyle elde edebiliriz. Buna göre, uzun zaman aralığında verilen değer sabit olduğu ve yönetilen büyüklüğün verilen değeri değişmeden tutan OYS'e otomatik düzenleme sistem – ODS denir.

OYS ve ODS arasında fark, ODS'nin birincil işlevi sabit yönetim çıkışın koruması olması, OYS'nin görevi ise sistem çıkışının girişteki değişikliklerin takip etmesini sağlamasıdır.

#### **3.1.1 Otomatik Yönetim Sistemlerin Ayırımı**

Otomatik yönetim sistemlerin ayırımı için temel kriterler sürecin dinamiğinin karakteri ve bloklar arasında bilgilerin aktarımıdır. OYS'nin **karakterine** bağlı olarak kesintisiz sistemler ve ayırık-vuru sistemleri olabilir. OYS'de **ilettime** bağlı olarak ise doğrusal ve doğrusal olmayan otomatik yönetim sistemleri olabilir.

**Kesintisiz – sürekli OYS** otomatik yönetim sistemleri, zaman içinde sürekli değişiklikleri olan sistemlerdir.

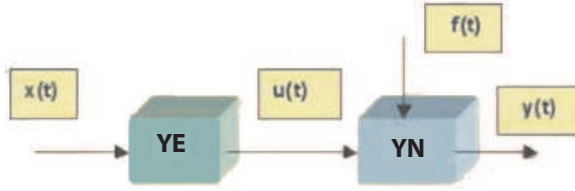
**Vurulu OYS sistemleri** kesintisiz giriş sinyallerini çıkışta vurulara dönüştürüyor.

**Doğrusal OYS sistemleri** dinamiğin doğrusal karakteristiği olan sistemlerdir. Buna göre sistemdeki tüm blokların statik karakteristikleri doğrusaldır.

**Dinamiği doğrusal** olmayan fonksiyonla verilmiş olan Doğrusal olmayan OYS sistemleri, bir ya da birden fazla, doğrusal olmayan statik karakteristikli bloklar içeren sistemlerdir. Doğrusal olmayan sistemler olarak, içeriğinde röle statik karakteristiği olan bir ya da fazla bloku olan röle sistemleridir. Röle sistemlerinin, giriş büyüklüğünün belirli değerler için çıkış büyüklüğün atlamalı değişme özellikleri vardır.

OYS elemanlarının etkileşime bağlı olarak OYS'ler: **açık, kapalı ve kombine(karışık)** sistemlere ayrılıyor.

**Açık otomatik** yönetim sistemleri nesneyle yönetim doğrudan yapılan sistemlerdir. Tüm biçim bozuklukları doğrudan telafi ediliyor. Açık otomatizasyon örneklere, çamaşır yıkama makineleri, tornalar ve diğer makineler gibi belirli bir işlem gerçekleştiren cihazlarda rastlanıyor. Açık yönetim sisteminin blok-şeması Res.3-1'de verilmiştir.

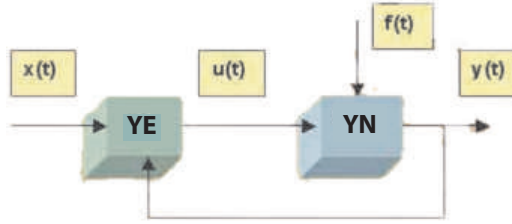


Res. 3-1. Açık yönetim sistemi

**Yönetim değişkeni**  $u(t)$ , yönetim nesneyi (YN) etkileyen yönetim elemanın (YE) çıkış büyüklüğü tanımlıyor.  $f(t)$  düzensizliği (bozukluğu) çıkışın değerine etkileyen istenmeyen giriştir. Bu bozukluk YN'nin durumunu değiştirmeye çalışan tüm istenmeyen etkileri kapsıyor. Çıkış büyüklüğü  $y(t)$  yönetilen büyüklüktür ve her anda YN'nin durumunu ve onun hareketini gösteriyor. Çıkış büyüklüğü yönetim sonuçlarının doğruluğunu değerlendirmek için de kullanılıyor. Açık yönetim sistemlerinde yönetim elemanlarının gerçekleştireceği programın yapılması gerekiyor. Bu program  $u(t)$  yönetim değişkeninin değişeceği kanunlar toplamıdır

Kapalı yönetim sistemi geri bağlantıyla karakterize oluyor. Geri bağlantı, çıkış büyüklüğünü ve giriş büyüklüğünü karşılaştırarak giriş ve çıkış büyüklüğünün fonksiyonu olarak YN'nin girişine etkileyen  $u(t)$  yönetim büyüklüğünün **elde edilmesini sağlıyor**. Res.3-2'de kapalı bir yönetim sistemin blok-diyagramı verilmiştir.

$$u(t) = x(t) \pm y(t) \dots \dots \dots (3-1)$$



Res. 3-2. Kapalı yönetim sistemi

**Verilen  $x(t)$  değişkenine** referans değişkeni veya **referans** denir  $x(t)$  değişkeni  $y(t)$  çıkışın verilen değerini belirliyor. Yönetim değişkeni verilen giriş ve elde edilen çıkışın mevcut değerlerinin farkı olarak elde ediliyor. Yönetim değişkeninde verilen değerden sapma varsa, farkın edebildiği kadar az olması şekilde YN'ye etkileniyor. Böylece YN verilen duruma getirilmiş olunuyor.

**İletişim geri sinyali:** doğrusalsızlık etkisinin azalması, sıvı seviyesinin artması, basıncın artması ve başka bazı etki olabilir. Geri bağlantının dezavantajları sistemin kararsızlığı (sabit olmaması) ve olası titreşimlerdir.

### 3.1.2 Otomatik Yönetim Sistemlerin Yapısı

Her OYS yönetim nesnesinden (YN) ve bir ya da birden fazla eşlik eden yönetim elemandan (YE) oluşuyor.

Yönetim nesnesi farklı bozuklukların etkisi altında belirli süreçler gerçekleştiren teknik sistemi - cihazdır. Yönetim nesnesi (YN) yönetilen her şeydir.

Yönetim sisteminde birbirine bağlı yönetim elemanları veya beraberce basit ya da kompleksli yönetim işlemlerini gerçekleştiren yönetim elemanları (YE) vardır.

$$y(t)=f[x(t)] \dots \dots \dots (3-2)$$

Yönetim elemanın blok-şeması Res.3-3'te verilmiştir.



Res. 3-3. Yönetim elemanın blok-şeması

Yönetim sisteminin yönetim elemanları şöyle olabilir:

- **pasif elemanlar, çıkış büyüklüğün  $y(t)$  giriş büyüklüğün  $x(t)$  verilmiş bir değer için elde edildiği elemanlardır. Bu durumda:**

$$y(t) < x(t) \dots\dots\dots (3-3)$$

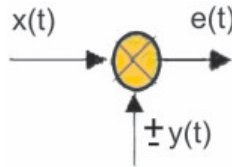
- **aktif elemanlar, giriş büyüklüğün  $x(t)$  çıkış büyüklüğün  $y(t)$  kaynağına, enerjinin verilmesiyle yöneten elemanlardır. Bu durumda:**

$$y(t) > x(t) \dots\dots\dots (3-4)$$

İşlevlerine göre, yönetim elemanları şöyle ayrılıyor: dönüştürücüler (ölçü dönüştürücüleri), ayırıştırıcılar (diskriminatörler), kuvvetlendiriciler, yürütme organları, ve anahtarlamalı (kesici) elemanlar.

- **ölçü dönüştürücüleri (ÖD)** kontrol edilen ya da yönetilen büyüklükleri sıradaki derecenin girişine etkileyen, sinyale dönüştüren elemanlardır;
- **diskriminatörler  $x(t)$**  verilen büyüklüğü karşılaştıran ve  $y(t)$  çıkışıyla yönetilen elemanlardır. Kıyaslama (karşılaştırma) için yönetim elemanları- diskriminatörlere karşılaştırıcı ya da hata detektörü de denir. Hata detektörlerinde çıkışta  $e(t)$  hata sinyali elde ediliyor. Res.3-4'te diskriminatörün blok-şeması verilmiştir.

$$e(t) = x(t) - y(t) \dots\dots\dots (3-5)$$



Res. 3-4. Diskriminatörün blok-şeması

- **kuvvetlendiriciler (A)** giriş sinyalinin kuvvetlendirmesini gerçekleştiren cihazlardır. Onlarda giriş ve çıkış sinyalleri her zaman aynı yapıya sahiptir. Kuvvetlendiriciler OYS'nin aktif elemanlarıdır ve onun için yardımcı elektrikle besleme kaynağı da var. Kuvvetlendiricinin çıkış büyüklüğü şu ifadeyle belirleniyor:

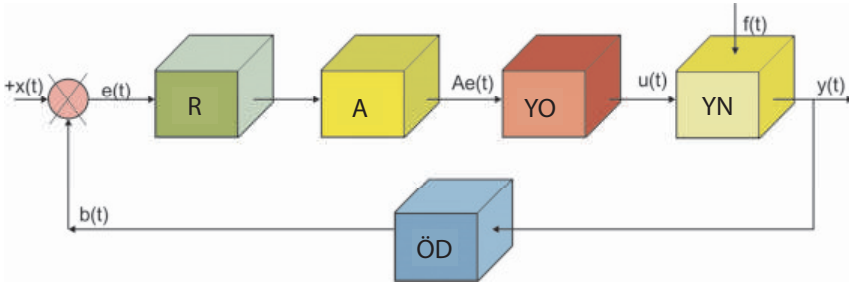
$$y(t) = A \cdot x(t) \dots\dots\dots (3-6);$$

- **yürütme organları** YN'ye doğrudan etkiliyor. Yürütme organıyla genelde sinyallerin kuvvetlendiriciden gelen sinyal ile yönetiliyor.



### 3.1.3 Otomatik Yönetim Sisteminin İşlevsel Şeması

OYS'nin fonksiyonel (işlevsel) şeması sistemin iç yapısının grafiksel görünümünü nütanımlayarak, elemanların sayısını ve türünü, aralarındaki bağlantıların karakterini ve onların dinamik özelliklerinin görünmesini sağlıyor. Şemadaki belirli bloklar sistemin elemanlarını görüntülüyor, bloklar arasındaki oklu çizgiler ise sinyalin bir elemandan başka elemana doğru yönü belirliyor. Diskriminatörlerde iki veya fazla değişken büyüklüğünün farkı elde ediliyor. Değişken büyüklük „-” ile işaretlenmiş ise, diskriminatörden geçerken işareti de değişiyor. Yönetim sisteminin fonksiyonel blok-şeması Res.3-5'te verilmiştir.



Res. 3-5. Yönetim sisteminin işlevsel blok-şeması

OYS'in işlevsel modelinde şunlar işaretlenmiştir:

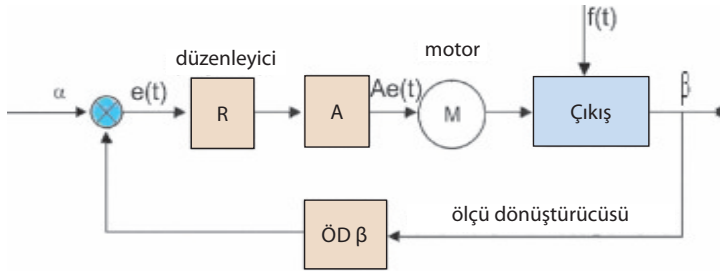
- **x(t)**-referans girişi, çıkışın verilen değerden sapması ölçüldüğü verilen sinyaldir. **Giriş sinyali** x(t) **dış** enerji kaynağı tarafından tahrik ya da komuttur;
- **y(t)** – yönetilen değişken ya da **çıkış sinyali**. Bu büyüklük referans girişin kıyaslandığı yönetim nesnesidir. **Girişin çıkışla yönettiği deniliyor;**
- **b(t)** – değişken geri bağlantı. Çıkışa bağlı olarak elde ediliyor, ancak çıkıştan geri bağlantı ve ölçü dönüştürücü elemanlarından dolayı farklıdır;
- **e(t)** – **hata sinyali**, değişken geri bağlantının referans giriş sinyalinden sapmayı tanımlıyor ve diskriminatörün çıkışında elde ediliyor;
- **A<sub>e</sub>(t)** – (A) kuvvetlendiricinin çıkış sinyalidir ve **hatanın kuvvetlendirilmiş sinyalini veriyor;**

- $U(t)$  – Yönetim değişkeni yürütme organının (YO) yönetim nesnesine etkileyen sinyaldir;
- $f(t)$  – **değişken büyüklük** yönetim nesnesinin (YN) çıkışına etkileyen her istenmeyen girişle ilgilidir.

Yönetim sisteminden çıkış sapmalarının en az seviyeye getirilmesi aranıyor. Res.3-5'te verilmiş olan fonksiyonel şema ile komple bir yönetim sistemini ya da kompleksli bir sistemin sadece bir parçasını tanımlayabilir. Bu arada aşağıda verilen genel kurallara uyulmalıdır:

- yapısal şemasının her zaman fiziksel etkileşimlerden kaynaklanan iç ve dış bağlantıların olması gerekiyor;
- zamandan bağımsız fonksiyon olarak ortaya çıkan her giriş sinyalinin yapısal şemasında sadece bir girişi olmalıdır;
- çıkış sinyali yapısal şemanın içinde kapanabilir ve dallanma şeklinde girişi olabilir (çıkış sinyalinden sonra kapalı olan sistem) veya yapısal şemanın içinde kapanmayabilir (çıkış sinyalinden sonra açık olan sistem);
- sistemin denklemleriyle belirlenmiş olan tüm dış bağlantıların her zaman uygun girişleri ve çıkışları olmalıdır.

Verilen açı  $\alpha$ 'nın belli uzaklıkta iletimi için bir servo mekanizma ile pratik bir örnek ve bunun Res.3-6'da verilmiş işlevsel blok-şemasını inceleyelim



Res. 3-6 İletim servo mekanizmasının işlevsel şeması

Res.3-6'da yönetim nesnesi (YN), pozisyonu  $\beta$  açısı olan aks'tır ve bu açı verilen açı  $\alpha$ 'nın değişikliklerini takip etmesi gereken çıkış yönetim büyüklüğüdür. Geri bağlantıda, referans sinyaliyle karşılaştırmak için uygun şekilde sinyal veren ölçü dönüştürücüsü bulunuyor. Referans sinyalinin çı-

kış sinyaliyle karşılaştırmayı diskriminatör yapıyor ve çıkış olarak çıkış açısının referans açısından sapmasına orantılı olan hata sinyali elde ediliyor. Ayarlayıcıdan kuvvetlendirilmiş sinyal yürütme organı olan morotu aktifleştiriyor. Motor aksa etkileyerek  $\beta$  çıkış açısını değiştiriyor, öyle ki verilen referans açının hatası sifıra eşittir.

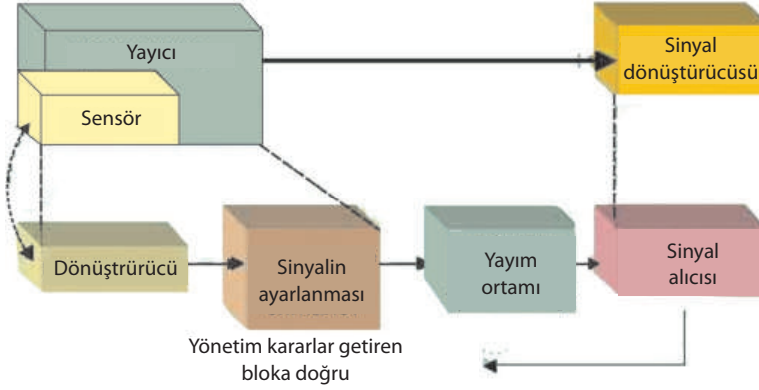
## 3.2 ELEKTRİKLİ ÖLÇÜ DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

Ölçü dönüştürücüleri yönetim sistemlerinin birincil elemanlarıdır. Onlar ölçü değişkenini niceliksel olarak, daha sonraki işletmeler için uygun sinyale dönüştüren bileşenler, cihaz veya cihazlardır. Giriş büyüklüğü, elektriksiz yapıya sahip olan (sıcaklık, basınç, sıvı seviyesi vb.) çıkış büyüklüğü ise gerilim ise akım, değişken empedans vs olabilen elektrik sinyalidir. Buna göre her otomatik yönetim ve düzenleme sistemi (OYDS), diğer elemanlar yanısıra ölçü dönüştürücüleri de içeriyor. Ölçü vericiler aynı zamanda sensörler, yayıcılar, vericiler olarak da biliniyor.

- **sensörler** – ölçü dönüştürücülerin ölçü değişkeninin değeri için sorumlu olan elemanlar;
- **yayıcılar** – sensörlerin aracılığıyla ölçü değişkenine yankı veren ve sinyalin standart şekline dönüştüren dönüştürücülerdir

Her ölçü dönüştürücüsü **sistem** oluşturan birden fazla işlevsel elemanın toplamı olabilir. Ölçü sistemin blok-şeması Res.3-7'de verilmiştir.

Ölçü dönüştürücüsü girişinde olan ölçü değişkeninden enerji alıyor ve sinyal ayarlama bloğunda dönüştürülen çıkış sinyalini veriyor. Sinyal alıcısı sinyali kabul edip iletim hatın sonunda kullanılabilmesi için uygun şekilde dönüştürüyor. Elde edilen bilgi, yönetim karar getiren bloka (bilgisayara) gönderilerek, yürütme organlarına gönderilen komutlar oluşturuyor.



Res. 3-7. Ölçü sisteminin blok-şeması

Ölçülen ve başka bir uygun şekile dönüşen **fiziksel büyüklüklerin doğasına** bağlı olarak, ölçü dönüştürücüleri şöyle sınıflandırılıyor:

- **mekanik: hız**, devirler sayısı, hızlandırma, basınç, akış;
- **kimyasal: elektrolitlerin elektrik iletkenliği, gazların kimyasal yapısı**;
- **termal büyüklükler: sıcaklık, nem vb.**

Yapıları ve çalışma prensibine göre, dönüştürücüler şöyle ayrılıyor:

- **elektrikli olmayan büyüklükleri elektrikli büyüklüklere dönüştüren dönüştürücüler.** Onlar parametrik ve jeneratörük olabilir.
- **hidrolik dönüştürücüler**;
- pnömatik dönüştürücüler.

Devamda sadece birkaç dönüştürücü türünü inceleyeceğiz

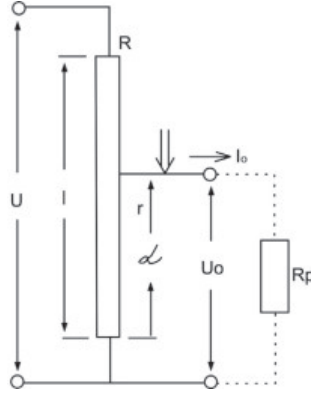
### 3.2.1 Direnç (Rezistans) Dönüştürücüler

Çok sayıda aktif dirençli elektrik ölçü dönüştürücü türleri vardır. Bu dönüştürücülerin çalışma prensibi, rezistör uzunluğunun, yüzeyin, kesitin veya özel direncinin değişimi fonksiyonunda ohm direncinin değişmesine dayanıyor. Dönüştürücüde direnç değişikliğin gerçekleşme şekline göre, direnç dönüştürücüler şöyle ayrılıyor: (kontaklı) temaslı, potansiyometreli, termodirençli (ısı dirençli), fotodirençli vb.

**Potansiyometreli dönüştürücüler.** Potansiyometreli dönüştürücü temelde, değişken dirençli elektrik rezistördür. Giriş büyüklüğü, kaydırıcı-

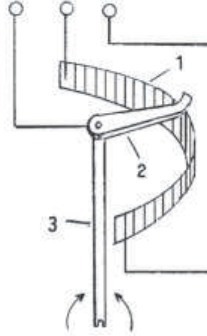
### 3. AYARLAMA DEVRELERİNDE ELEKTRONİK KURGULAR VE CİHAZLAR

nın rezistör üzerinde yer değiştirmesidir, çıkış büyüklüğü ise elektrik devrenin değişken direncidir.



Res. 3-8. Doğrusal (düz çizgili) dirençli dönüştürücü

Hareketli kaydırıcı dairesel ya da doğru çizgide hareket eden nesneyle mekanik şekilde bağlıdır. Bu yüzden potansiyometreli dönüştürücüler iki şekilde yapılıyor: Kaydırıcının doğrulu (düz çizgili) hareketli potansiyometreler (Res.3-8) ve Res.3-9'da gibi kaydırıcını dairesel hareketli potansiyometreler



Res. 3-9. Kaydırıcı ile dirençli dairesel dönüştürücü

Potansiyometreli dönüştürücünün çalışma prensibi Res.3-8'deki kaydırıcının doğrulu hareketli rezistör örneğinde gösterilmiştir. Doğrusal potansiyometre hakkında getireceğimiz tüm sonuçlar dairesel potansiyometre için de geçerli olduğunu not edelim. Gösterilen şemada kabul edilen işaretler şunlardır:

$U$  – dönüştürücü beslemenin gerilimi

$U_0$  – dönüştürücünün çıkış gerilimi

$R$  – toplam direnç

$r$  – kaydırıcının pozisyonunla belirlenmiş potansiyometre bölümünün direnci

$l$  – rezistörün toplam uzunluğu

$\alpha$  – kaydırıcının hareketlenmesi (yer değiştirmesi)

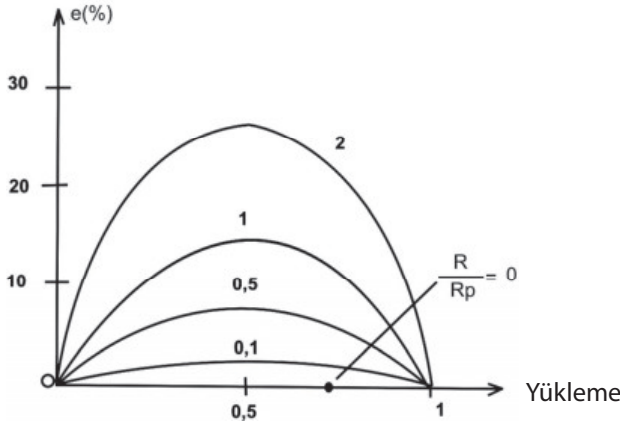
$R_p$  – harcıncının direnci

Potansiyometreli dönüştürücünün statik karakteristiği  $U_0$  çıkış geriliminin kaydırıcının yer değiştirmesinden ( $\alpha$ ) bağımlılığı ile ifade ediliyor. Bu bağımlılık  $U_0=f(\alpha)$  fonksiyonudur. Dönüştürücü yüklenmiş değilse,  $U_0$  çıkış gerilimi (3-7) denkleminle belirlidir, oradan da:

$$\frac{U_0}{r} = \frac{U}{R}, \quad U_0 = \frac{U \cdot r}{R} \dots\dots\dots(3-8)$$

Kaydırıcının toplam yer değiştirmesi bire eşit olduğu alınabilir ( $l=1$ ).

Yüklemeden  $e(\%)$  hatanın bağımlılığı Res.3-10'deki diyagramda gösterilmiştir. Doğrusal hareketli potansiyometreli dönüştürücülerin ölçme alanı 10mm'den birkaç metreye kadar olabilir.



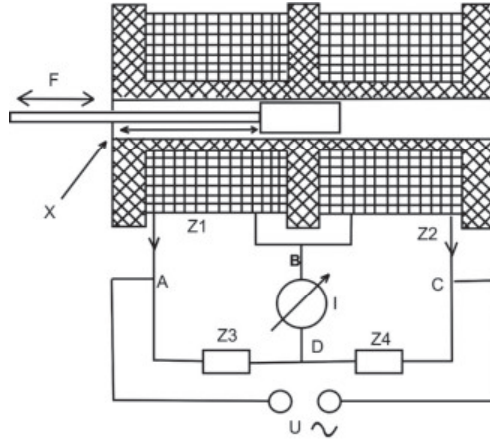
Res. 3-10. Harcıncıda yüklemeden hatanın diyagramı

Dairesel hareketli potansiyometreli vericilerin en küçük ölçme alanı  $0^\circ$  ile  $1^\circ$  arasında, en geniş ölçme alanı ise  $0^\circ$  ile  $360^\circ$  arası olabilir.  $355^\circ$ 'ten daha büyük ölçme alanı için çokdevirli (multiturn) potansiyometreli kullanılıyor ya

da dönüştürücü ve ölçü elemanı (detektör) arasında mekanik geçirici yerleşiyor. Potansiyometreli dönüştürücünün kalitesi, ilk sırada yapılmada kullanılan yapı malzemesine bağlıdır. Özellikle kurgunun hareketli bölümünün uygulanması önemlidir. Direnç cismi en sıkça telle sarılıdır. Birçok farklı nikel-krom, konstantan, gümüş-paladyum, platin, iridyum ve başka alaşımlar kullanılıyor.

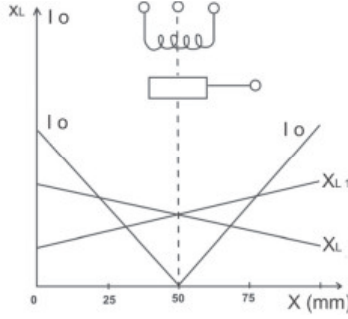
#### 3.2.2 Endüktif Dönüştürücüler

Endüktif dönüştürücülerin (vericilerin) çalışması sadece bir ya da birden fazla indüktansın değişmesine dayanıyor. Bunlar mekanik etkili endüktif dönüştürücüler ve köprü bağımlı endüktif vericiler olabilir. İndüktansın mekanik etkiyle değiştiği dönüştürücü elektromanyetik dönüştürücü denir. Onların basit yapıları var.



Res. 3-11. Diferensiyel veya köprü bağımlı endüktif ölçü dönüştürücüleri

Diferensiyel veya köprü bağımlı endüktif ölçü dönüştürücülerin, mekanik etkili endüktif dönüştürücülerden daha büyük kullanımları vardır, çünkü dezavantajları telafi ediyorlar. Onlar Res.3-11'de gibi yapıları var. Aynı reaktif dirençli iki bobin aynı eksende ortak taşıyıcıda yan yana yerleşmiştir.  $Z_1$  bobini köprü'nün bir dalında bağlıdır,  $Z_2$  ise diğer dalda bağlıdır. Köprü'deki üçüncü ve dördüncü dal aynı empedanslıdır,  $Z_3 = Z_4 = Z$ . Köprü AC çaprazdan değişimli gerilim kaynakla besleniyor.



Res. 3-12. Endüktif vericinin statik özelliği

Çıkış sinyali BD çaprazındaki enstrümanda okunuyor. Dönüştürücü çekirdeğin orta (neutral) durumu sırasında,  $I_0$  çıkış sinyali sıfıra eşittir.

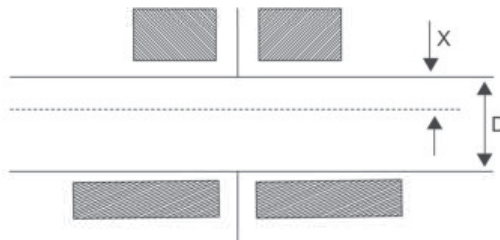
Çıpanın bir yönden başka yöne değişmesi sırasında,  $Z_1$  ve  $Z_2$  bobinlerin  $X_{11}$  ve  $X_{12}$  endüktif dirençlerin değişmesi meydana geliyor. Bu durum, eşit olmayan  $I_1$  ve  $I_2$  akımlara yol açıyor.  $I_0$  akımın fazı verici çekirdeğin hareket ettiği yönden belirleniyor.

Dönüştürücünün statik özelliğinin, yakın tüm ölçme alanında doğrusal karakteri vardır (Res.-12).

### 3.2.3 Kapasitif Dönüştürücü

Kapasitörlü dönüştürücünün çalışması, ölçü büyüklüğünün etkisi altında kapasitenin değişmesine temelleniyor.

Bazı dönüştürücülerde kapasitenin değişimi elektrotlar-plaklar mesafesinin değişmesinden dolayı meydana geliyor ve bu dönüştürücülere doğrusal hareketli kapasitif dönüştürücüler denir. Böyle bir dönüştürücü Res.3-13'te tanımlanmıştır. Verilen dönüştürücü plakalı kapasitördür ve bir plakı hareket etmeyip sabit dururken, diğeri dış kuvvet etkisi altında hareket ediyor.



Res. 3-13. Kapasitif ölçü dönüştürücüsü



Değişme, kapasitör plakların efektif yüzeylerinde olan kapasitörlü dönüştürücüler de vardır. Kapasitör plakların kapasitesi şu şekilde belirleniyor:

$$C = \frac{\varepsilon \cdot S}{d}, \quad \varepsilon = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \quad \dots\dots\dots(3-9)$$

d – kapasitörde plaklar arasındaki mesafe

S – Kapasitör plakların yüzeyi

$\varepsilon_0, \varepsilon_r$  – mutlak ve relatif dielektrik sabiti

Dönüştürücülerin bu şekilde uygulamaları, mekanik yer değiştirme, mekanik kuvvet, hız ve hızlandırmanın ölçülmesi için kullanılıyor. Hareketli plak hareket ediyor ve bu şekilde kapasitör plakların arasındaki mesafe (d) belli bir değer (x) için değişiyor ve dönüştürücünün kapasitesinde değişiklik meydana geliyor. Dönüştürücülerin bazı yapılarında, dielektrik malzemenin değişmesiyle veya sıcaklık, nem gibi dış etkileri altında dielektriğin özelliklerinin değişmesiyle elde edilen dielektrisitenin değişmesi, kapasitenin değişmesine yol açıyor. Bu şekilde, belirlenmiş dielektrik sabiti sırasında, bazı malzemenin kalınlığı, bazı sıvının seviyesi ölçülebilir veya temel bileşiğin dielektrisitesinden, dielektrik sabitinin büyük ölçüde farklı olduğu başka bir malzemenin katkı miktaralı belirlenebilir.

#### 3.2.4 Fotoelektrik Dönüştürücüler

Fotoelektrik dönüştürücülerin çalışması, bazı malzemelerin ışık enerjisi altında elektrik iletkenliğinin değişmesinden oluşan fotoelektrik etkisine dayanmaktadır. Bir fotodönüştürücünün yapısının temelini fotoelektrik eleman (fotoeleman) tanımlıyor.

İki fotoeleman türü fark ediyoruz: dış foto etkili fotoeleman ve iç foto etkili fotoeleman.

**Dış foto etkili fotoeleman cam balonunda yerleşmiş** iki elektrottan (katot ve anot) oluşuyor. Katot, balonun iç yüzeyinde bulunan ışık duyarlı tabaka tanımlıyor. Anot özel biçimde (disk, yüzük) gerçekleşmiştir ve katottan izole edilmiş durumdadır. Fotoelemanın elektrotları gerilime bağlıdır. Fışkıran ışığın etkisi altında, elektrik alanında ışık akısına ( $\Phi$ ) orantılı elektrik akımı akıyor.

$$I\phi = \varepsilon \cdot \Phi \dots\dots\dots (3-10)$$

$\varepsilon$  – fotoelemanın duyarlılığı

Cam balonun içi durağan gazın vakumudur ve bu yüzden fotoelemanlar gazlı yada vakumlu fotoelemanlar olarak adlandırılıyor. Durağan gaz veya vakum  $I_\phi$  fotoelektrik akımının kuvvetlendirilmesini sağlıyor.

**İç foto etkili fotoelemanlara** şunlar aittir: fotorezistörler, fotodiyotlar, fototransistörler. Dış ışık fişkırısı etkisi altına bu elemanların iletkenliklerinin artması, elektrik akımının fototaşıyıcıların meydana gelmesinden ve artmasından oluşuyor. Işık kaynağı olarak şunlar alınabilir:

- sıradan günlük güneş ışığı (doğal kaynak),
- yapay kaynak (faklı ışınım yoğunluklu ve tayflı ışıklar), ayrıca kendi kontrollü (yönetimli) nesnelere de ışınım kaynağı olabilirler.

İç foto etkili dönüştürücüler arasında en önemli dönüştürücüler fotodirençli ölçü dönüştürücüleridir. Onların özellikleri basit yapıları, alçak fiyatları, yüksek duyarlık (hassasiyet), yeterince düşük durağanlık, küçük boyutları ve uzun ömürleridir. Dış foto etkili fotoelemanlar gibi besleme için kompleksli şemalar aramıyorlar ve fotodiyotlara kıyasen yüksek dağıtma güçleri vardır. Bu yüzden onların üretim süreçlerinde kontrol, ayarlama ve yönetmede geniş kullanımları var. Fotodirençli ölçü dönüştürücülerin çalışmasını inceleyeceğiz.  $I_t$  elektrik akımının aktığı fotorezistörün ışık duyarlı tabakası ışık fişkırmanın etkisi altında kalırsa, rezistördeki elektrik yükselecek. Bu elektrik artması  $I\phi$  ile işaretelenirse, toplam elektrik şöyle olacak:

$I_s$  elektrik akımı birkaç parametreden fonksiyondur ve (3-11) denklemiyle tanımlanıyor:

$$I_s = I_t + I\phi = U \cdot (G_t + G_\phi) = U \cdot G_s \dots\dots\dots (3-11)$$

$I_t$  – aydınlatılmamış rezistörden akan elektrik akımı,

$I\phi$  – fotoakım (foto etkisinden dolayı akan elektrik akım),

$U$  – elektrikle besleme gerilimi

$G_t$  – fotoiletkenlik,

$G_s$  – aydınlatılmış fotorezistörün toplam iletkenliği.

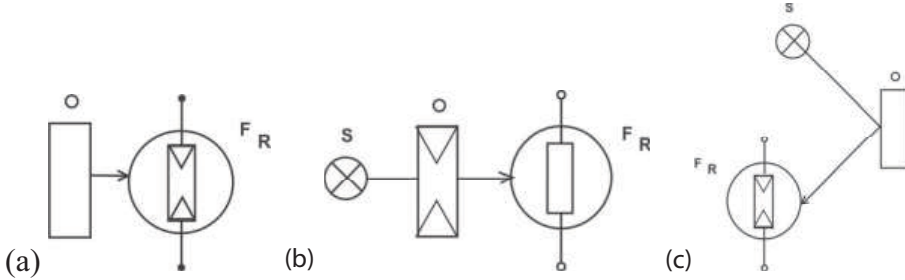
Otomatikleşmiş üretim süreçlerinde kullanılan fotorezistörlü vericiler görünür ışığa en yüksek derecede duyarlıdır. Fotoiletkenli vericinin çalışması malzemelerin özelliklerine ve yapısal uygulanmasına bağlıdır.

### 3. AYARLAMA DEVRELERİNDE ELEKTRONİK KURGULAR VE CİHAZLAR

Her fotorezistöre uygun gerilim uyuyor. Bu gerilimin izin verilmiş gerilimden daha yüksek olduğu durumda, fotorezistör izin verilmiş sınırın üzerinde ısınacak, çok daha yüksek gerilimler sırasında ise fotorezistör tahrip edilmiş olacak.

Verici olarak fotorezistör ışık kaynağı, kaynağın optik sistemi, incelenen nesne, fotorezistörün optik sistemi, fotorezistör olarak tanımlanabilir.

Fotorezistörlü ölçü dönüştürücünün yapısal uygulaması Res.3-14'te gösterilmiştir. Resimde farklı büyüklükleri ölçmek için birkaç ilkel çözüm verilmiştir.



Res. 3-14. Fotodirenç verici türleri

Fotorezistörlü vericiler üç temel gruba sınıflandırılıyor:

- Işık fışkırının nesneden fotorezistöre ( $F_R$ ) doğru yönlendirildiği fotoverici (Res.3-14-a). Bu vericiler ışınım kaynağı olarak nesnenin bazı iç özelliklerin ölçülmesi için kullanılıyor;
- Bir ortamın dirençlik özelliklerinin ölçülmesi için kullanılan fotorezistör vericileri (Res.3-14-b). Işık kaynağı yardımcı kaynaktır. Işık ışınımı yardımcı kaynaktan (S) incelenen ortamdaki (O) geçerek fotoalıcıya ( $F_R$ ) ulaşıyor.
- Üçüncü grup vericiler, nesnenin (O) yer değiştirmesini ya da geometrik boyutların değişikliklerini ölçen vericilerdir (Res.3-14-c)

### 3.2.5 Piezoelektrik Dönüştürücüler

Piezoelektrik dönüştürücülerin çalışması, bazı kristallerin özelliği olan piezoelektrik etkisinin kullanılmasına dayanıyor. Piezo-etkisi kristallerin mekanik kuvvet etkisi altında bastırılması ve gemesi sırasında kenarlarında elde edilen elektrisite sırasında meydana gelir. Elektrisite miktarı, kristale etki eden mekanik kuvvetin büyüklüğüne orantılıdır ve (3-12) denklemiyle belirlenebilir:

$$Q = f \cdot F \dots\dots\dots (3-12)$$

Q – elektrisite miktarı (C)

d – piezoelektrik sabiti (C/N)

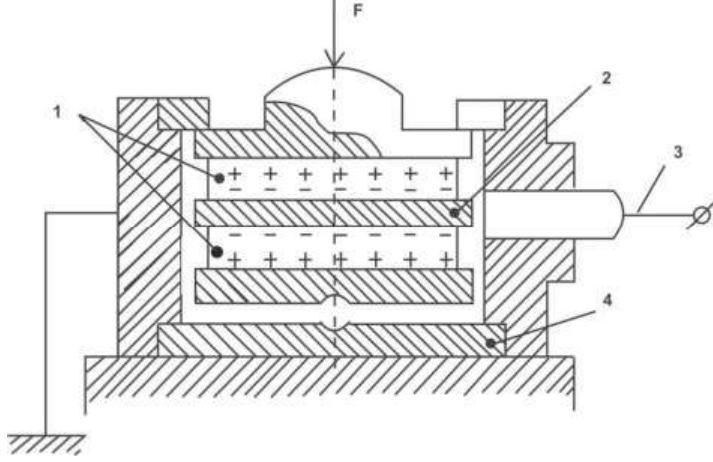
F – kristale etki eden kuvvet (N)

Piezo etkili kristellerin ters piezoetki özellikleri de var, yani dış elektrik alanı etkisi altında belli biçim değişiklikleri (deformasyonlar) meydana gelebilir. Elektrik alanın etkilediği yöne yada piezoelemanına getirilen gerilimin işaretine bağlı olarak, kristal genişlenebilir ya da toplanabilir (darlanabilir). Ters piezoetkisi uygun değişimli gerilim etkisi altında mekanik, ses ve ultrases titreşimlerin elde edilmesi için kullanılıyor, doğrudan piezoelektrik etkisi ise değişken mekanik kuvvetlerin ölçülmesi için kullanılıyor.

Piezoelektrik dönüştürücülerin yapılması için en sıkça kullanılan tüm malzemelerden en önemlisi kuvarstır. Kuvars büyük mekanik katılığı, büyük elastiklik modülü, büyük direnç izolasyonu, sıcaklık değişikliğine alçak duyarlık ve karakteristiklerin doğrusallığı ile özetleniyor. Kuvars dışında kullanılan başka malzemeler şunlardır: senyet tuzu (natriyum bileşeni), turmalin (karbon bileşeni), baryum ve diğer malzemeler.

Kuvvetin etkilediği yöne bağlı olarak, iki piezoetki ayırıyoruz: paralel (uzunlamasına) ve çapraz (enine). Uzunlamasına etki sırasında, kuvvet elektrik eksen yönünde etkiliyor (kristal parçasına ise enine). Piezo dönüştürücüler en sıkça uzunlamasına piezo etkili plaklar kullanıyorlar. İki ya da fazla plaktan oluşuyorlar. Res.3-15'te iki plaklı dönüştürücü gösterilmiştir. Plaklar (1) arasında elektikli alıntılı (3) metal elektrot (2) bulunuyor. Plakların dış kenarları dönüştürücünün kasasıyla bağlıdır(4). Plakların kalınlığı genelde 4mm'dir. Plakın bu kalınlığı sırasında, onun kendi

titreşimleri 600kHz sıradandır. Tüm bunlar dönüştürücünün büyük dinamik özelliklerini gösteriyor.



Res. 3-15. İki plaklı piezoelektrik dönüştürücü

Dönüştürücüye etki eden dış kuvvet, plakların hem dış hem iç kenarlarında elektrisitenin oluşmasına yol açıyor. Dış kenarlar pozitif potansiyalle, iç tarafı ise negatif potansiyalle elektrikleşiyor. Dönüştürücünün (3-13) ifadesiyle gerilim şöyle hesaplanıyor:

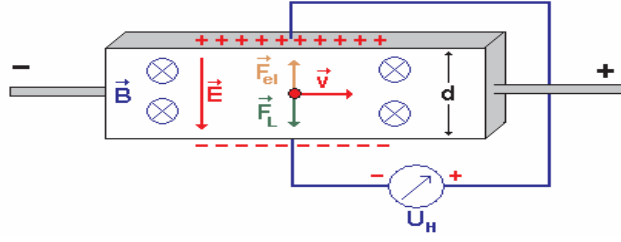
$$U = \frac{Q}{C} \dots\dots\dots(3-13)$$

Piezoelektrik dönüştürücüler hızlı değişen ölçü büyüklüklerin ölçülmesi için kullanılıyor: titreşimler, basınç ve hızlandırma. Statik büyüklüklerin ölçülmesi için uygun değildirler.

#### 3.2.6 Hall Sensörü

Hall sensörleri Hall etkisini prensibini kullanıyor. Hall etkisi ameri- kan bilim adamı Edwin Herbert Hall'a göre adlandırılan olaydır. Hall etki- si katı agregat durumunda olan (d) kalınlığında ve dış manyetik alanında bulunan malzemedен elektrık akım geçince, manyetik alanı (B) vektörün yönüne dik olan yönde gerilimin (E) elde edilmesiyle karakterize oluyor.

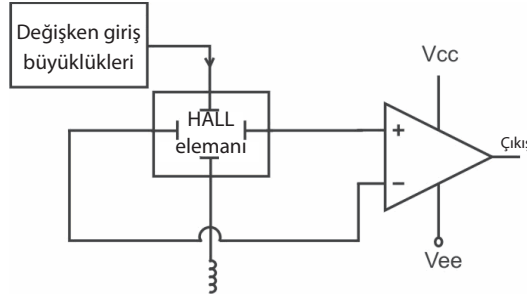
Hall etkisinin prensibi Res.3-16'da verilmiştir.



Res. 3-16. Hall etkisinin ilkeli şeması

Gerilimin yönü, tekyönlü kaynak kutupluluğun değişmesiyle ya da manyetik alanın yönünün, yani mıknatıs kutuplarının değişmesiyle değişiyor.

Bu etkiyi kullanan Hall sensörleri, kuvvetlenen alçak çıkış sinyalleri veriyor. En yeni teknolojiler, Hall sensörler ve tümleşik devre- kuvvetlendirici içeren cihazların üretimini sağlıyor. Bunlar Res.3-17'de gösterildiği gibi aynı bir kasada bulunuyor.

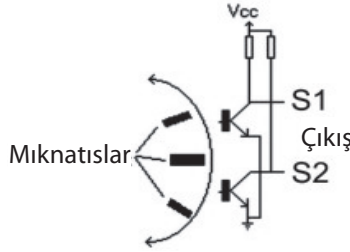


Res. 3-17. Kuvvetlendirici içeren Hall sensörü

Hall sensörleri toz, su ve mekanik etkilere dayanıklıdır. Bu yüzden bu sensörler, optik ve elektromanyetik sensörlere kıyasen daha kalitelidir ve fazla kullanılıyorlar. En büyük avantaj, giriş elektrik akımının ve çıkış gerilimin doğrusal bağımlılığıdır. Onlarda manyetik alan kullanılıyor ve manyetik sensörler grubuna aittirler.

Hall sensörlerin kullanımlarından biri, açısal hızın RPM (rotation per minute – dakikada dönüşler) ölçülmesidir. Sensör bilinen çıkıntı sayılı ferromanyetik malzemedan yapılmış dönen disk yakınlığında yerleşiyor. Çıkıntıların sensör yanından geçmesi manyetik alanın periyodik değişmesine yol

açıyor. Bu şekilde disk dönmesine orantılı frekanslı çıkış palslı gerilim elde ediliyor. Hall sensörlerin pratik bir kullanımı Res.3-18'de verilmiştir.



Res. 3-18. Hall sensörü

S1 ve S2 sensörleri Hall etkili sensörlerdir ve aynı kasada bulunuyorlar. Rotasyon yönüne bağlı olarak sensörlerden biri ilk olarak aktif olacak. Çıkışlarında sensörler aralarında 90° için faz farkı olan iki vuru veriyorlar. Bu durumda, bir devirde sekiz vuru elde ediliyor.

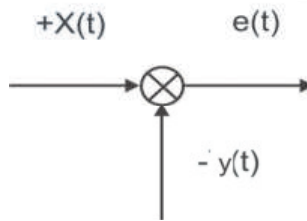
### 3.3 HATA SİNYAL DETEKTÖRLERİ

Hata sinyal detektörü sistemde istenilen değere karşı gerçek değeri belirleyen cihazdır. Geri bağlantılı otomatik yönetim sistemlerinde giriş (referans) ve çıkış (yönetilen) değişken büyüklük arasında işlevsel bağlantıyı belirlemek için çıkış büyüklüğü giriş büyüklüğüyle kıyaslanarak, çıkış sinyalinin gerçek değeri istenilen değerden sapması elde ediliyor.

Detektörün girişinde gönderilen iki sinyalin karşılaştırma sonucu ise onların farkıdır, ya da **e(t) hata sinyali** (3-14) denklemiyle verilmiştir.

$$e(t) = x(t) - y(t) \dots\dots\dots (3-14)$$

Res. 3-19'da hata sinyal detektörün blok-şeması verilmiştir.



Res. 3-19. Hata sinyal detektörün blok-şeması

Analog yönetim işlemlerde birinci adım, hata sinyalinin elde edilmesidir. Hata sinyali, ayarlanan büyüklüğün istenilen değeri ile ölçülen değer farkıdır. OYS’de uygulanan yönetim sinyalin türüne ve yönetim sistem türüne bağlı olarak hata sinyalinin gerçekleşmesi için birkaç farklı yöntem var. Şunu söyleyebiliriz:

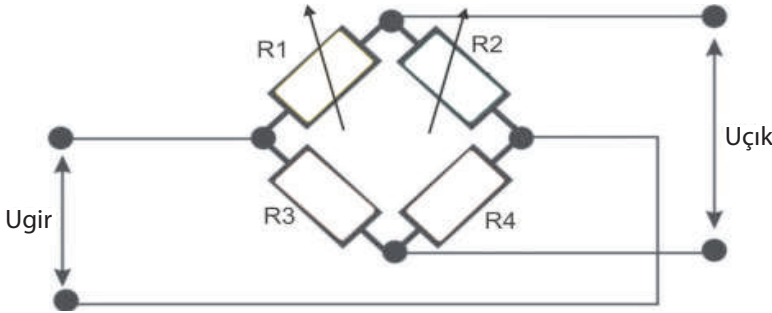
**Hata sinyal detektörü = diskriminatör = karşılaştırıcı.**

Demek ki, hata sinyal detektörü yerine aynı cihazlar için diskriminatörler veya karşılaştırıcı olduklarını diyoruz.

Hata sinyal detektörleri gerilim detektörleri, elektrik akım detektörleri ve potansiyometreli detektörler olabilir.

### 3.3.1 Gerilim Detektörleri – Vitston Köprüsü

Elektrik büyüklüklerin küçük değişikliklerini ölçmek için kullanılan elektrik devreler hata detektörleridir. Gerilim detektörleri referans gerilimi çıkış gerilimle kıyaslayarak bir köprü-yapım türü tanımlıyorlar. Gerilim detektörü olarak kullanılan en basit köprü Vitston köprüsüdür. Köprünün dört dalında  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  ve  $R_4$  rezistörleri bulunuyor, bir çaprazda elektrikle besleme kaynağıdır, diğer çaprazda ise çıkış gerilimi ölçülüyor. Vitston köprüsüne iki farklı gerilimin paralel bağı olarak da bakılabilir. Gerilimin bir ayırıcısı  $R_1$  ve  $R_2$  rezistörleridir, diğer gerilim ayırıcısı ise  $R_3$  ve  $R_4$  rezistörleridir. Hata sinyal detektörü olarak Vitston köprüsü Res.3-20’de verilmiştir.



Res. 3-20. Hata sinyal detektörü olarak Vitston köprüsü



$$U_2 = U_{gir} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$U_4 = U_{gir} \cdot \frac{R_4}{R_3 + R_4} \dots\dots\dots (3-15)$$

$$U_{\text{çık}} = U_2 - U_4 = U_{gir} \left( \frac{R_2}{R_1 + R_2} + \frac{R_4}{R_3 + R_4} \right)$$

Köprü dengelidir eğer  $U_{\text{çık}}=0$  ise. Dengellik koşulu şudur:  $R_1 \cdot R_4 = R_2 \cdot R_3$ .

Vitston köprüsü hata sinyal detektörü olarak kullanılınca, o zaman köprünün birinci dalında bazı dirençli ölçü dönüştürücüsü  $R_x$  (resimde  $R_1$ ,  $R_x$  ile değişiyor), ölçü bandı ve benzer yerleşiyor. Komşu dalda referans rezistör  $R_r$  bulunuyor (resimde  $R_2$ ,  $R_r$ 'dir) ve onun ayarlanmasıyla köprü dengeli duruma getiriliyor. Diğer iki dalda direnç eşittir ( $R_3 = R_4 = R$ ) ve köprü  $R_r=R_x$  olunca dengelidir. Köprü dengeli durumdan, dallardan birinde direncin değiştiği zaman çıkıyor. Birinci dalda direnç  $\Delta R_x$  için değişirse, o zaman çıkış gerilimi şöyle olacak:

$$U_{\text{çık}} = U_{gir} \cdot \left( \frac{R_x}{(R_x + \Delta R_x) + R_x} - \frac{R}{2 \cdot R} \right) = U_{gir} \cdot \left( \frac{-\Delta R_x}{2 \cdot (2 \cdot R_x + \Delta R_x)} \right)$$

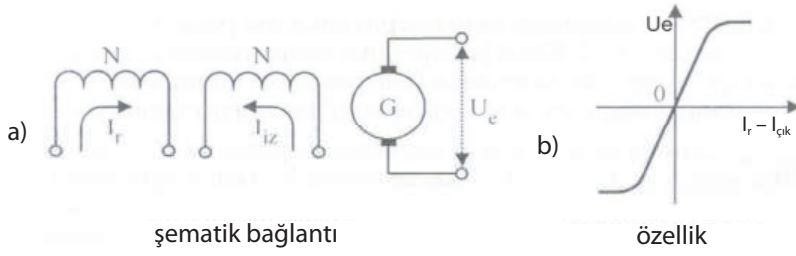
$$\Delta R_x \ll 2 \cdot R_x \quad (3-16)$$

$$U_{\text{çık}} = U_{gir} \cdot \frac{\Delta R_x}{4 \cdot R_x} = f(\Delta R_x)$$

Bura göre, çıkış gerilimi doğrudan  $R_x$  direncin değişmesine bağlıdır.

**3.3.2 Hata Sinyallerinin Elektrikli Detektörleri**

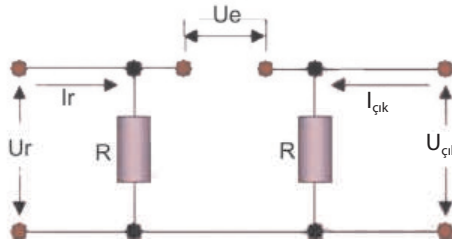
Tekyönlü elektrik sinyal detektörü olarak bağımsız dürtü ile tekyönlü elektrik jeneratörü (üreticisi) kullanılıyor. Eşit sayıda sarımları olan iki ayrı galvanik bobinde ters yönlü  $I_r$  ve  $I_{\text{çık}}$  elektrik akımları akıyor. Dürtü akısı bu iki elektrik akım arasındaki farkın sonucudur. Jeneratörün rotorunda (döneçte) endüklenmiş elektromotor kuvveti çıkışın referans elektriğinden saptasına orantılıdır, jeneratörün çıkış bağlantılardaki gerilim ise hata sinyali-ni tanımlıyor ve elektromotor kuvvetine eşittir.



Res. 3-21. Elektrik akım sinyallerin detektörü olarak tekyönlü elektrik akım jeneratörü

Res.3-21’de elektrik akım sinyallerin detektörü olarak tekyönlü elektrik akım jeneratörü verilmiştir.

Tekyönlü elektrik akım sinyali ile referans elektrik akımının karşılaştırılması, Res.3-22’de gösterilmiş olduğu gibi birbirine iki aynı rezistörün gerilimlerin karşılaştırılmasıyla yapılabilir.



Res. 3-22. Tekyönlü elektrik akım sinyallerin karşılaştırılması

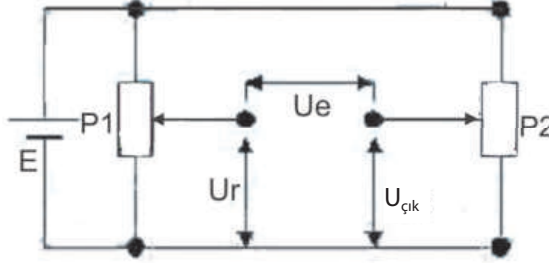
Hataların elektrik detektörleri için şu ifadeler yazılabilir: referans gerilim, çıkış gerilimi, ve (3-17)’deki denklemlerle verilmiş hata gerilimi  $U_e$ .

$$U_r = R I_r, U_{çık} = R I_{çık}, U_e = U_r - U_{çık} = R (I_r - I_{çık}) \dots \dots \dots (3-17)$$

Gerilimin kutupluluğu hata gerilime bağlıdır.

### 3.3.3 Hata Sinyallerinin Potansiyometreli Detektörleri

İki potansiyometre ortak bir EMK kaynağına bağlıdır ve Res.3-23’te gösterilmiş olan potansiyometre köprüsü oluşturuyor. Bir potansiyometrenin kaydırıcısı referans büyüklüğüyle (istenen pozisyonda) bağlıdır, diğer potansiyometrenin kaydırıcısı çıkışa bağlıdır.



Res. 3-23. Potansiyometre köprüsü

Çıkışın değeri referans değere eşit olunca, o zaman iki potansiyometredeki kaydırıcı dengeli durumdadır ve aralarındaki gerilim sıfıra eşittir. (P2) çıkışında bağlı olan potansiyometredeki kaydırıcı referans değerini gösteren (P1) potansiyometredeki kaydırıcının üzerinde olunca, o zaman kaydırıcılar arasındaki gerilim ( $U_e$ ) hata sinylidir. Res.3-23'te potansiyometre köprüsünün şeması verilmiştir.

Bu sırada hata sinyali şu kadar olacak:

$$U_e = U_r - U_{\text{çık}} \dots\dots\dots (3-18)$$

$U_e$  hata sinyali referans gerilimi ve çıkış gerilim farkı olarak (3-18) denklemlle tanımlanabilir ve belirlenebilir.

**EK:**

Ek 1'de zamansal gecikme detektörü ve frekans detektörüne bak.

### 3.4 KOMÜTASYON ELEMANLARI

Komütasyon sistemleri, telefonculukta verilerin iletimi amacıyla katılımcılar arasında bağlantıların kurulmasını sağlayan teknik araçlardır. İletim tamamlanınca, bu bağlantılar kesiliyor. Genelde bağlantı iki katılımcı arasında kuruluyor, ancak fazla katılımcılar da yer alabilir. Komütasyon sistemlerinde bağlantıların kurulması veya kesilme sürecine genelde **komütasyon süreci ya da komütasyon** denir. Komütasyon sürecinin gerçekleşmesi için, komütasyon sistemi kendi cihazlarla (terminallerle) belirli mesajların değişimi gibi, komütasyon sürecinde yer alan diğer komütasyon sistemle-

riyle de mesaj değişimi yapmalıdır. Komütasyon bağları **manuel ya da otomatik** olabilir.

Bağlantının gerçekleşme sürecinde manuel komütasyon sırasında üç faktör yer alıyor: kullanıcı, manipölatör (elle çalışan cihaz) ve elle aracılık cihazı. Otomatik komütasyon sırasında iki faktör yer alıyor: kullanıcı ve komütasyon sistemi (otomatik aracılık cihazı).

Manuel (elle) aracılık sırasında, manipölatör arama, inceleme, bağlantı kurmak ve bağlantı kesilme işlevlerini gerçekleştiriyor. Bu işlevleri yeniden bağlanan parçalardan yapılmış **komütasyon alanı** kullanarak gerçekleştiriyor.

Otomatik aracılık sırasında, kullanıcı komütasyon sisteminden sinyalleri arıyor ve onları tanıyor, incelemeyi, yönetmeyi, sinyallerin verilmesini, bağlantıların kurulmasını ve kesilmesini ise komütasyon sistemi yapıyor.

Otomatik aracılık sürecinde işlevlerin gerçekleşmesi için **komütasyon sisteminin temel organları** olarak **komütasyon elemanları gerçekleştiriyor**. Komütasyon elemanları, kullanıcının veya başka bir organın isteği üzerine belli bir bağlantılı yolda yerleşmeli ya da inceleyerek bağlantılı yollardan birini tutup, tüm bunları yeterli kısa zamanda yapmalıdır. Teknolojinin gelişmesiyle bu elemanlar en büyük değişikliklere ugramıştır. Komütasyon elemanları kendi yapılarıyla ve özellikleriyle komütasyon sistemlerini belirliyor. Bu durum herşeyden önce arayıcılar, anahtarlar ve yönetim elemanları için geçerlidir.

Telefon sentralleri telefon araçları arasında bağlantı kurulmasını sağlayan cihazlardır. İlk telefon sentralleri manuelmiş. Bu sentrallerde aboneler arasında bağlantıyı sentraldeki manipölatör kuruyormuş. Günümüzde, sentraller otomatik telefon sentralleridir ve bu sentrallerde aboneler arasında bağlantılar özel organlar yardımıyla, otomatik şekilde kuruluyor.

Otomatik telefon sentrallerin en önemli oluşturu elemanı seçicilerdir. **Kanal seçicileri** sentral sistemine bağlı olarak, bağlantı kurmakta farklı şekilde yer alıyorlar. Temelinde, seçici verilen sentralde hatların arasında bağlantının kurulması için kullanılıyor.

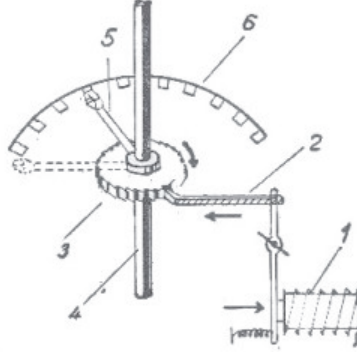
Buna göre, sentrallerde temel komütasyon elemanları kanal seçicileridir. Onlar **elektromekanik** ve **elektronik** olabilir.

### 3.4.1 Elektromekanik Komütasyon Elemanları

Manuel telefon sentrallerde temel komütasyon elemanları olarak **elektromekanik komütasyon elemanları** kullanılıyor. Bu elemanların yardımıyla telefon sentrallerde kullanıcılar arasında bağlantıların kurulması sağlanıyor. **Adım adım elektromekanik seçicisi**, manuel sentrallerde bağımsız yapısal ve işlevsel bütündür. Bu seçicinin görevi girişin çıkışlardan biriyle bağlanmayı sağlamaktır. Adım adım ismini seçicilerin hareket etme şekline göre almıştır. Şöyle ki, seçme vuruların etkisi altında, seçiciler serbest çıkış ararken adım adım hareket ediyor.

Adım adım sistemlerinin iki tür seçicileri var: tek olarak dairesel hareketli seçiciler ve iki hareketli seçiciler, dikey doğrusal ve yatay dairesel hareketli.

Dairesel seçiciler temas (irtibat) alanı, hareketli bölüm ve hareket etme mekanizmasından oluşuyor. Temas alanı dairesel şekindedir. Dairesel seçicinin hareketli bölümünün, temas alanında sıraların olduğu kadar kollar (saplar) sayısı vardır. Hareket etme mekanizması çapayı hareket ettirmek için elektromagnetiktir. Dairesel seçicinin prensipliyel şeması Res.3-24'te verilmiştir.



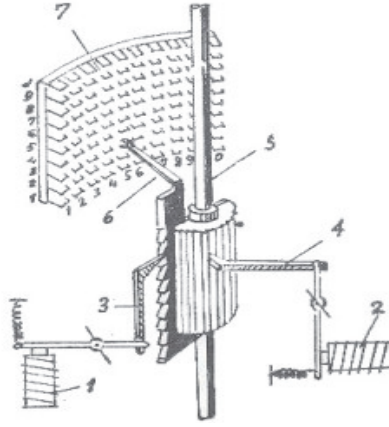
Res. 3-24. Dairesel seçicinin prensipliyel şeması

İki (çift) hareketli seçiciler endüktif sürücülü seçicilerdir, çalışma sırasında ise seçicinin sapı arama vuruların etkisi altında dikey olarak yukarıya doğru hareket ediyor, ondan sonra da otomatik ya da arama vuruların etkisi altında yatay hareket ediyor.

Çift hareketli seçiciler onparçalı dönence iki yönde hareketli yüzparçalı olabilir. Birinci türün temas alanını oluşturan, yarım daire şeklinde yerleş-

miş on tane lameli (ince levhası) ve başlangıç pozisyonunu tanımlayan bir lameli vardır.

Gidiş hatları levhalara bağlıdır, geliş hatı ise sapa bağlanıyor. Seçicinin hareket etmesi, diğer hareketli elemanları etkinleştiren elektromıknatısa vuru tahriğin getirilmesiyle gerçekleşiyor. Her tahrik vuruşu için sap birer adım yapıyor ya da kontaklar alanında sıradaki levhaya geçiyor. Res.3-25'te sadece bir levha sırası gösterilmiştir. Çok damarlı bağlantı sağlamak amacıyla, genelde birden fazla levha sırası ve kol sayısı vardır.



Res. 3-25. Çift hareketli seçicinin çalışma prensibi

Otomatik telefon sentrallerinde seçicilerden sonra sıkça rastlanan parçalar rölelerdir. Röleler elektrik vuruların alınması ve dönüştürülmesi için, açmak ve kapamak için, incelemek, denetim için kullanılırlar. Röleler çekirdek, bobin, çapa ve kontrol sinyalinden oluşan elektromıknatıslardır. Bobininden elektrik akım geçince rölede çekirdekten çapa çekiliyor. Çapa kontak anahtarına etkiliyor ve rölenin açılması ya da belli bir elektrik devirin kapanması meydana geliyor.

### 3.4.2 Elektronik Komütasyon Elemanları

Otomatik komütasyon bağlantılarının komütasyon bölümünde temel elemanları reed röleler oluşturmaktadır. Onlar mekanik ve hermetik olarak kapanmış kontaklarıyla, hızlı elektronik yönetim sistemleri olarak iyi sonuçlar veriyorlar.

### 3. AYARLAMA DEVRELERİNDE ELEKTRONİK KURGULAR VE CİHAZLAR

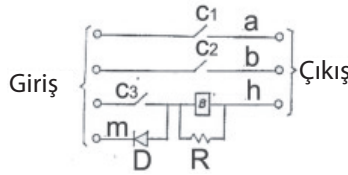
Bu tür rölelerin ve kontaklarının başta gelen özellikleri şunlardır:

- Büyük çalışma hızı (2ms altında),
- dış etkilere karşı duyarsızlığı (nem, toz, vb.),
- küçük kontak direnci,
- komütasyon sırasında ihmal edilebilecek gürültü,
- uzun kullanım ömrü.

Bu röle diğer elektronik elemanlar gibi, basılmış devreli levhalara giriş birimi olarak monte edilebilir.

Rölenin ikikutuplu veya dörtkutuplu olmasına bağlı olarak, genelde 3 yada 5 kontaklı olabilen röle, diğer elemanlarla (işaretleme diyodları ve rezistörler) birlikte ana çoklayıcıda ortak komütasyon noktaları oluşturuyor.

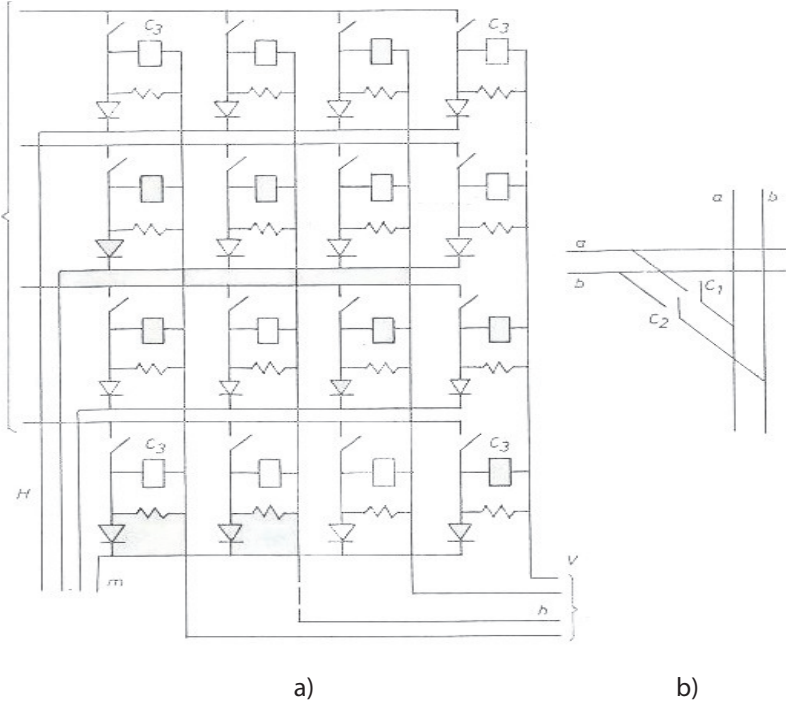
Res.3-26'da 3 kontaklı röleli ana çoklayıcının ortak noktası gösterilmiştir. İki kontak ana damarların bağlanması için kullanılıyor, üçüncü kontak ise tahrik bobinle sıralı bağlıdır ve bu şekilde anahtarlamalı devreler veriyorlar. İşaretleme diyodu bobin ve anahtarlamalı devre arasında her ortak noktayla bağlantı noktalarında bağlıdır. Onların aracılığıyla işaretleme sırasında bobine gerilim geliyor, bobini tahrik ediyor ve bu şekilde kontak bağlanıyor. Tahrik edilmiş bobinle paralel bağlı olan rezistör gerilim koruması için kullanılıyor.



Res. 3-26.3 kontaklı röleli ortak nokta

Kesişme noktaları ( $4 \times 4 = 16$ ) noktalı standart matriste gruplaşmıştır ve onlar temel bir birim tanımlıyorlar. Temel birimlerden komple komütasyon çoklayıcı yapılıdır. Res.3-27'de standart ( $4 \times 4$ ) matrisin şeması verilmiştir.

Şemada tutma damarları H ve işaretleme damarları m verilmiştir. (Res.3-27-a)'da konuşma damarları tanımlanmıştır, (Res.3-27-b)'de ise  $C_1$  ve  $C_2$  kontaktarı tanımlanmıştır.



Res. 3-27. Standart matris (a) (4x4), (b) şematik görüntü

Her giriş her çıkışla bağlanmalıdır. Buna göre, aynı zamanda 4 girişin bağlanması gerekiyor ve böylece standart komütasyon matrisi elde ediliyor (Res.3-28-a). Standart matrisin uygun kombinasyonu ile daha fazla girişli ve çıkışlı matrisler elde ediliyor. Bu şekilde 4 girişli ve 8 çıkışlı matrisler, ya da (4x8) matris elde ediliyor, 8 girişli ve 8 çıkışlı matris, ya da 16 girişli ve 8 çıkışlı ya da 8 girişli ve 16 çıkışlı ve benzer matrisler elde ediliyor.

(4x4) standart matris birkaç matristen oluşan gruplara gruplaşıyor ve basılmış levhalara yerleşiyor. Bu şekilde bağlanma birimleri elde ediliyor. Böyle bağlanma birimlerine **komütasyon matrisleri** denir.

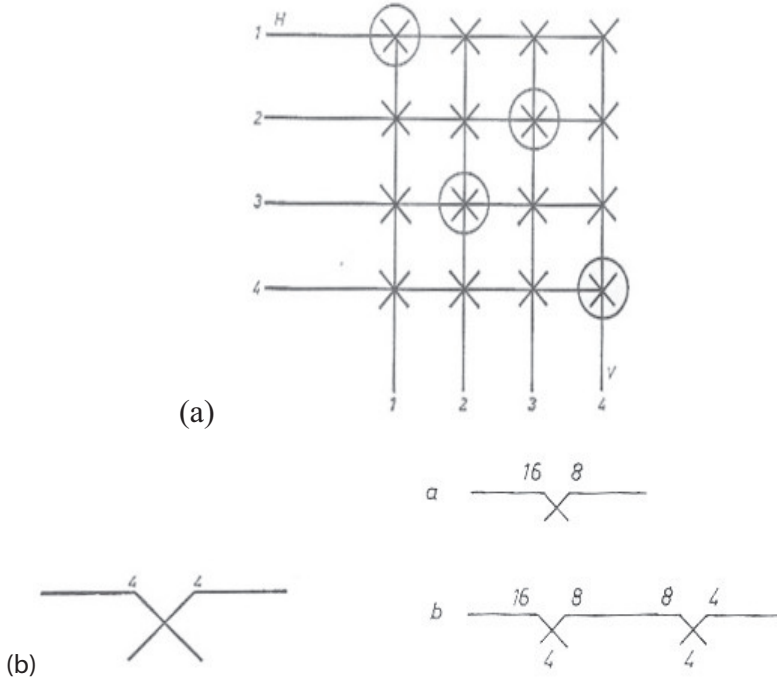
Komütasyon matrisi için üç temel prensip geçerlidir:

- modüler yapı prensibi. Bu prensibe göre sentralden tüm bağlantılar temel doğrusal modüllere ayrılıyor;
- temel (4x4) matrislerden oluşan ikili organize edilmiş komütasyon matrislerinin kullanımı. Bununla sentralde aynı öyle ikili organize olan merkezi işlemcinin optimum ayarlaması yapılıyor;



### 3. AYARLAMA DEVRELERİNDE ELEKTRONİK KURGULAR VE CİHAZLAR

- Bağlantı yolunu yapan bağlantıların, daha büyük sayıda derecelerle bağlantı yolunun iki son noktanın tanımıyla tamamen tanımlanmasını sağlayacak şekilde komütasyon matrislerinin gruplama ve aralarında bağlanma prensibi.



Res. 3-28. Komütasyon matrisi: (a) matrislerin bağlanması, (b) sembolik tanımlama

(Res. 3-28-b)'de matrislerin bağlanma şekli gösterilmiştir. Gösterilen matrislerden biri 16x8 türündendir, diğeri ise 8x4 türündendir. 4 matrisin kullanımıyla bu türden 64 giriş (4x16), ya da 32 bağlantılı 16 çıkış (4x4) gerçekleştirilebilir.

### 3.5 ELEKTRONİK AYARLAYICILAR

Ayarlayıcı (düzenleyici) otomatik ayarlama sürecini gerçekleştiren cihaz ya da birden fazla cihazdır. Ayarlayıcı OYS'nin temel elemanıdır. Ayarlayıcının işlevi ayarlama sürecinin algoritmasından kaynaklanıyor, ya da çıkış büyüklüğünün giriş büyüklüğünden fonksiyonel bağımlılığın matematiksel ifadesidir. Ayarlayıcının görevi, sürecin gereken durumun korunması için yapılan yönetimi gerçekleştirmektir. Gerçekleştirdiği yönetim şu şekilde olabilir:

- **sürekli** – zaman açısından değişmeyen, dış parametrelerin zaman içinde değişmesine önem verilmeden, sürecin mevcut durumunun korunması için kullanılıyor.
- **değişken** – giriş büyüklüğünün değişmelerine bağlı olarak bu sistem sürecin başlangıç durumundan yeni istenen duruma değişmesi için kullanılıyor.

Ayarlayıcı kendi fonksiyonunu o şekilde gerçekleştiriyor ki, önce ayarlanan büyüklüğün verilen değerden sapmayı ölçüyor, ondan sonra ise çıkışta ayarlanan büyüklüğünden, meydana gelen sapmayı düzelten uygun yönetim sinyali üretiliyor.

Ayarlayıcının girişine iki büyüklük etkiliyor:

- ayarlanan büyüklüğüne orantılı sinyal  $x(t)$
- ayarlanan büyüklüğün verilen değeri  $x(t)$  ve  $y(t)$  olabilir.

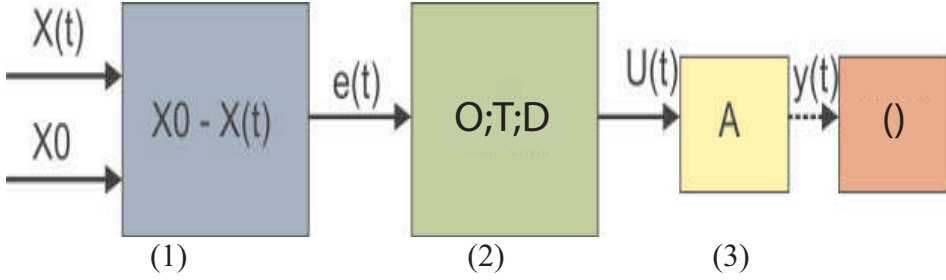
Kurgu olarak ayarlayıcı içinde şu elemanları içerebilir: karşılaştırıcı, özel ayarlayıcı, kuvvetlendirici, yürütme organı. Özel ayarlayıcı yürütme elemanının elektrik beslenmesi olmayan ayarlayıcıdır. Merkezi sinyalin dinamik işletilmesi için kurgunun olduğu ayarlama çemberin blok-şeması Res.3-29'da verilmiştir.

Ayarlayıcı sinyalin karşılaştırmasını ve dinamik işletilmesini gerçekleştiriyor, ondan sonra ise sinyalin gücünü kuvvetlendiriyor. 3 işlevsel blok-tan oluşuyor:

- giriş sinyallerin karşılaştırma bloğu ( $x_0-x(t)$ );
- sinyallerin dinamik (zamansal) işletilme bloku (O;T;D);
- sinyalin kuvvetlendirilme bloku (A)

### 3. AYARLAMA DEVRELERİNDE ELEKTRONİK KURGULAR VE CİHAZLAR

Bu bloklar tek bir bütün olarak, ya da ayrı teknik kurgular olarak uygulanabilir. Ayarlayıcı, yürütme organının elektrik beslenmesi kaynaksız olarak gözetleniyor.



Res. 3-29. Ayarlama çemberin blok-şeması

Ayarlayıcının dinamik etki kurgusu (2) merkez pozisyonda bulunuyor. Bu eleman giriş büyüklüğü  $e(t)$ 'ye bağlı olarak, belli kanuna göre (oranlı, tamamlayıcı, diferensiyel, orantılı-tamamlayıcı, orantılı-tamamlayıcı-diferensiyel) çıkış büyüklüğü  $U(t)$  üretiyor. Kuvvetlendirme kurgusu (3), işlevi yürütme organının (YO) tahrik edilmesi için yeterli olan gereken sınıra kadar  $y(t)$  sinyalini kuvvetlendirme olan ayarlayıcının çıkış birimidir

Çıkış sinyali ayarlayıcının içinde de kuvvetlendiriliyor, ancak gerekirse yürütme organında da kuvvetlendiriliyor. Ayarlayıcının yapısına bağlı olarak, kuvvetlendirici mekanik, hidrolik, elektromekanik veya elektronik cihaz olarak gerçekleşiyor. Sinyalin dinamik işletme kurgusu (2) ve kuvvetlendirici (3), aralarında dizisel şekilde bağlıdır.

Elektronik ayarlayıcı geri bağlantı prensibine göre çalışıyor, merkezi birim olarak bir ya da fazla kuvvetlendiriciden, ve kuvvetlendiricinin geri bağlantısında bir ya da fazla pasif kurgudan oluşuyor. Kuvvetlendiricinin özellikleri şunlardır: büyük kuvvetlendirme, yüksek giriş empedansı, alçak çıkış empedansı, küçük süre sabiti, geçirgen kapsamında doğrusal özellik, sıcaklık değişikliklere karşı alçak duyarlık.

Ayarlayıcılar kullanıma, beslenme şekline, çıkış sinyalin karakterine, yapısına ve çalışma düzenine göre sınıflandırılabilir.

Kullanımına göre, ayarlayıcılar şöyle olabilir:

- özel (spesifik) amaçlı – sıcaklık, basınç, akış, hız, gerilim ayarlayıcıları gibi belirli büyüklüklerin ayarlanması için kullanılıyorlar;
- genel amaçlı – farklı fiziksel yapısı olan büyüklüklerin ayarlanması için kullanılıyorlar

Ayarlayıcıların başka bir sınıflandırma şekli **elektrikle beslenmelerine** göre yapılır ve bu sınıflandırmaya göre ayarlayıcılar şöyle ayrılıyor:

- dolaysız etkili – yönetmeyi ayarlanan büyüklükten elde ettikleri enerjiyle gerçekleştiriyorlar ve ek baslemeden gereksinimleri yoktur;
- dolaylı etkili – çalışmalarını için ek besleme kullanıyorlar. Bu ayarlayıcılar kullanılan enerjiye göre elektrikli, pnömatik, hidrolik ve karışık olarak ayrılıyor.

y(t) **çıkış sinyalin** karakterine göre ayarlayıcılar şöyle olabilir:

- sürekli etkili ayarlayıcılar – ayarlanan büyüklüğün sapmasına bağlı olarak sürece etkiliyorlar, dinamik etkileme açısından şöyle olabilir:

1. orantılı (O)
2. tamamlayıcı (T)
3. diferensiyel (D)
4. orantılı-tamamlayıcı (OT)
5. orantılı-tamamlayıcı-diferensiyel (OTD)

- ayırık etkili ayarlayıcılar – sadece belirli anlarda etkiliyorlar (röleler, vurular, dijital ayarlayıcılar).

**Yapıya göre** ayarlayıcılar şöyle ayrılıyor:

- Enstrümental türünden ayarlayıcılar. İki şekilde gerçekleştiriyorlar: sinyallerin diskriminatörü ayarlayıcının içeriğindedir veya diskriminatör başka bir cihazın içeriğinde olan ayrı cihazdır;
- Modüler türünden ayarlayıcılar standart girişle gerçekleştiriyorlar ve standart çıkışa sahip olan her ölçü elemanına bağlanabiliyorlar.

**Çalışma düzeninin** değişmesine göre ise şu ayarlayıcılar var:

- kesinleşmiş sabit çalışma düzenli ayarlayıcılar;
- değişken çalışma düzenli ayarlayıcılar. Böyle ayarlayıcılar optimal (en uygun) ve uyumlu ayarlayıcılardır.

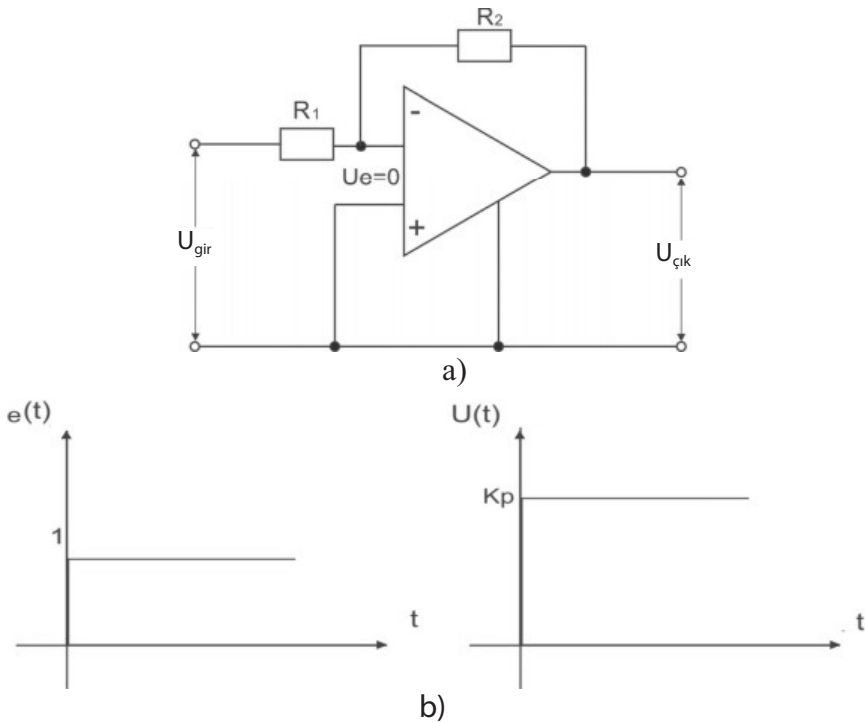
### 3.5.1 Orantılı O-Ayarlayıcı

Orantılı ayarlayıcı çıkış ve giriş büyüklüklerin orantılı ilişkisiyle karakterize oluyor ve bu ilişki şu şekilde ifade ediliyor:

$$u(t) = K_p \cdot e(t) \dots\dots\dots (3-19)$$

Orantılı ayarlayıcı (O) hızlı tepki veriyor, ancak çoğu durumda ayarlanan büyüklüğün sapmalarını kalıcı şekilde gidermiyor. Ayarlanan büyüklüğün her zaman belli bir kalan sapması var. Bundan dolayı bu ayarlayıcılar, yüksek kesinlik aranmayan durumlarda kullanılıyor.

Elektronik O-ayarlayıcı ve ayırlamanın orantılı kanunu Res.3-30'de tanımlanmıştır.



Res. 3-30. Elektronik O-ayarlayıcı, (a) prensipiyel blok-şema, (b) iletim özellikleri

(Res.3-30-a)'de  $R_1$  ve  $R_2$  sıcaklıktan bağımsızdır, çıkış sinyalinin giriş sinyalinden bağımlılığı aşağıdaki ifadeyle verilmiştir:

$$U_{iz}(t) = -\frac{R_2}{R_1} \cdot U_{vl}(t) \dots\dots\dots(3-20)$$

$$K_p = \frac{R_2}{R_1} = \frac{U_{iz}(t)}{U_{vl}(t)}$$

Bu ayarlayıcılar şöyle uygulanıyor:

- sinyal kaynağının empedansının ayarlanması için  $K_p = 1$ ,
- farklı seviyeli iki sinyalin karşılaştırması için;
- $K_p > 1$  sabitin çarpılması için.

İletim fonksiyonu ( $W(p)$ ) şudur:

$$W(p) = \frac{y(p)}{e(p)} = K_p, \quad p = j\omega \dots\dots\dots (3-21)$$

Böyle ayarlayıcılar, kaynağın çıkış empedansı çok büyük olunca ve sinyalin ilerideki işletilmesi için azalması gerektiği zaman kullanılıyor. Sabitle çarpma, farklı seviyeli iki sinyalin karşılaştırılması arandığı zaman orantılılık faktörünün ayarlanması için kullanılıyor.

### 3.5.2 Tümlleştirici T-Ayarlayıcı

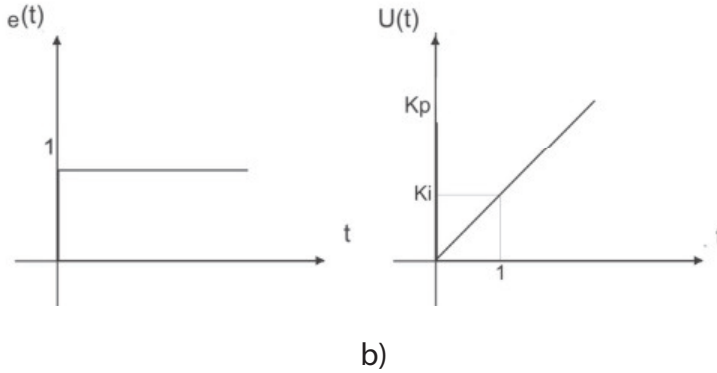
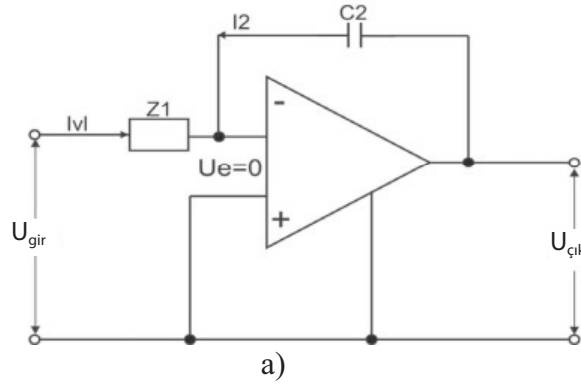
Tümlleştirici ayarlayıcının giriş büyüklüğünün zaman integraliyle orantılı olan çıkış büyüklüğü vardır ve buna göre bu kurgu ismini kazanmış. Bu bağımlılık şununla verilmiştir:

$$u(t) = K_i \cdot \int e(t) \cdot dt$$

$$\frac{dU}{dt} = K_i \cdot e(t) \dots\dots\dots (3-22)$$

Yukarıdaki denklem bu ayarlayıcıda, çıkış büyüklüğün, giriş büyüklüğünün integraliyle orantılı olduğunu gösteriyor.  $K_i$  - orantılılık katsayısı ya da ayarlayıcının iletim katsayısı ya da ayarlanabilen dinamik parametredir.

T-ayarlayıcının prensipler şeması (Res.3-31-a)'da verilmiştir, (Res.3-31-b)'de ise iletim özelliği tanımlanmıştır.



Res. 3-31. Elektronik T-ayarlayıcısı, (a) prensipiyel blok-şeması, (b) iletim özellikleri

Tümleştirici ayalayıcının girişine atlayıcı sinyal  $X_m=1$  getirilirse, tümleşme gerçekleştirildikten sonra, geçiş sürecinin karakteri şu şekilde elde ediliyor:

$$U = K_i \cdot X_m \cdot t \dots\dots\dots (3-23)$$

$$\alpha = \arctg K_i \cdot X_m$$

Bu denklem, girişin böyle tahriği için, çıkışta  $t$  zamanına orantılı olan sinyal elde edildiğini gösteriyor. Fonksiyon ve apsis (yatay) eksen arasındaki açı  $\alpha$ 'dır ve bu açı orantılı olarak giriş sinyalinden bağlıdır, giriş ayrıncı açı da öyle büyüyor.

Eletronik T-ayarlayıcının prensipiyel blok-şemasını göz önüne alarak, şu ifadeler geçerlidir:

$$Z_1 = R_1, \quad Z_2 = jX_{C_2} = \frac{1}{j\omega C_2} \dots\dots\dots (3-24)$$

O zaman:

$$\frac{U_{iz}(j\omega)}{U_{vl}(j\omega)} = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{1}{j\omega \cdot R_1 \cdot C_2}$$

$$Ti = R_1 \cdot c_2 \quad p = j\omega \quad \dots\dots\dots (3-25)$$

$$\frac{U_{iz}(p)}{U_{vl}(p)} = \frac{1}{p \cdot Ti}$$

Geçiş fonksiyonu (W(p)) ise:

$$W(p) = \frac{u(p)}{e(p)} = \frac{Ki}{p} \dots\dots\dots (3-26)$$

Ayarlayıcının etkisi, tümleştirici elemanın dinamik özelliklerinden dolayı nispeten yavaştır, bundan dolayı bağımsız birim olarak seyrek kullanılıyor. Başka bir dezavantajı ayarlama devresinde kararsızlık yaratmasıdır.

Bu ayarlayıcılarda olumlu taraf sapmaların çoğu durumda kalıcı olarak kaybolmalarıdır.

### 3.5.3 Diferensiyel D-Ayarlayıcı

Diferensiyel ayarlayıcıda giriş ve çıkış büyüklüklerin arasında fonksiyonel bağımlılık, aşağıdaki denklemlerle gösterilmiştir:

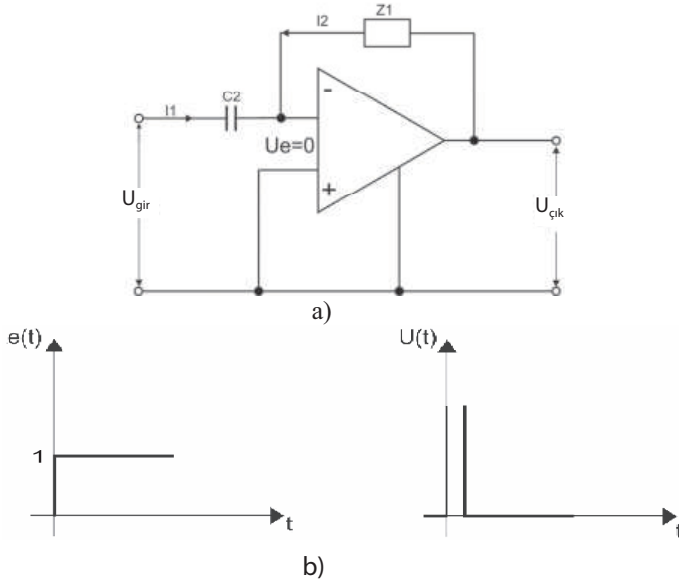
$$u(t) = Kd \cdot \frac{de}{dt} \dots\dots\dots (3-27)$$

$Kd$  – ayarlayıcının iletim katsayısı

Bu ayarlayıcının işlevsel bağımlılık özelliğinden dolayı, bu ayarlayıcı diferensiyel ayarlayıcı veya D-ayarlayıcı ismini almıştır. Onun prensipiyel şeması ve iletim özelliği Res.3-32’de verilmiştir.

Çıkış büyüklüğü, giriş büyüklüğünün değişme hızıyla orantılıdır. Giriş sinyalin mutlak değeri çıkış sinyalin büyüklüğüne etkilemiyor. Çıkış sinyali büyük amplitüd ile (teoretik sonsuzdur) ve vurunun sonsuz küçük genişliği ile karakterize olan vurulu fonksiyondur, bu özelliklerden dolayı bunu gerçekleştirmek neredeyse imkansızdır.





Res. 3-32. Elektronik D-ayarlayıcı, (a) prensipiyel blok-şema, (b) iletim özellikleri

Girişin çok yavaş değişmeleri için ayarlayıcı tepki göstermeyecek.

$$\frac{de}{dt} \approx 0 \quad u(t) \approx 0 \quad \dots\dots\dots(3-28)$$

Bu yüzden bu ayarlayıcı yüksek frekanslarda alçak frekanslara kıyasen çok daha iyi çalışıyor. Maalesef, otomasyonda faydalı sinyaller alçak frekanslıdır, gürültüler ve diğer engeller ise yüksek frekanslıdır. Bu durum D-ayarlayıcılar için büyük olumsuzluktur. Bu yüzden bu ayarlayıcılar bağımsız kullanılmıyor. İdeal D-ayarlayıcının iletim fonksiyonu ( $W(p)$ ) şu ifadeyle elde ediliyor:

$$p = j\omega$$

$$U(p) = Kd \cdot p \cdot E(p)$$

$$W(p) = \frac{U(d)}{E(p)} = Kd \cdot p = p \cdot Td \quad \dots\dots\dots(3-29)$$

$Td$  – zaman sabiti

Elektronik ayarlayıcıyla, ayarlayıcının yakın ideal diferensiyel etkisi elde ediliyor

$$Z_1 = -jX_{C1} = \frac{1}{j\omega C_1} = \frac{1}{p \cdot C} \dots\dots\dots(3-30)$$

$$Z_2 = R_2$$

İletim fonksiyonu (W(p)) ise:

$$W(p) = -\frac{U_i(p)}{U_1(p)} = \frac{Z_2}{Z_1} = -p \cdot R_2 \cdot C_1 = p \cdot Td \dots\dots\dots(3-31)$$

Td=-R<sub>2</sub> · C<sub>1</sub> – zaman sabiti

Giriş büyüklüklerinin yavaş değişimlerinde, bu ayarlayıcıların tepkisi zayıftır. Giriş büyüklüklerin çok yavaş değişmeleri için ayarlayıcı tepki göstermiyor.

### 3.5.4 Orantılı – Tümlleştirici OT-Ayarlayıcı

Etkileme şekline göre, OT-ayarlayıcılar kompleksli dinamik ayarlayıcılar grubuna aittir.

$$U(t) = Kp \cdot e(t) + Ki \int e(t) \cdot dt$$

$$U(t) = Kp \left( e(t) + \frac{1}{Ti} \int e(t) \cdot dt \right) \dots\dots\dots(3-32)$$

Ti – zaman sabiti

İletim katsayısı Kp ve Ti sabiti, OT-ayarlayıcılarda değişken parametrelerdir. OT-ayarlayıcıda çıkış büyüklüğü iki bileşenden oluşuyor:

Orantılı: Kp · e(t)

Tümlleştirici:  $\frac{Kp}{Ti} \int e(t) \cdot dt \dots\dots\dots(3-33)$

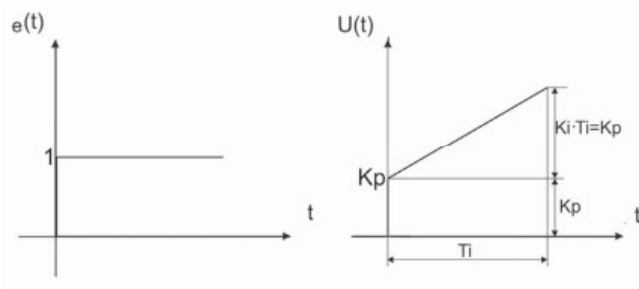
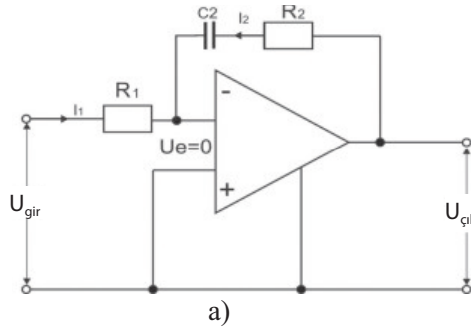
Ayarlayıcının iletim fonksiyonunun (W(p)) şu şekli var:

$$W(p) = \frac{Kp \cdot (Ti \cdot p + 1)}{Ti \cdot p} \dots\dots\dots(3-34)$$

Dinamik açıdan OT-ayarlayıcı, aralarında paralel olarak bağlanmış iki dinamik elemandan: O-elemanından ve T-elemanından oluşan sistem tanımlıyor.

Ayarlayıcının orantılı blok-şeması Res.3-33'te verilmiştir.

### 3. AYARLAMA DEVRELERİNDE ELEKTRONİK KURGULAR VE CİHAZLAR



Res. 3-33. Elektronik OT-ayarlayıcı, (a) prensipli blok-şeması, (b) iletim özellikleri

İletim fonksiyonu ( $W(p)$ ) şöyledir:

$$Z_1(t) = R_1 \cdot Z_2 = R_2 + \frac{1}{p \cdot C_2}$$

$$W(p) = -\frac{Z_2(p)}{Z_1(p)} = -\frac{R_2 + \frac{1}{p \cdot C_2}}{R_1}$$

$$W(p) = -\frac{R_2}{R_1} \left( 1 + \frac{1}{p \cdot R_2 \cdot C_2} \right)$$

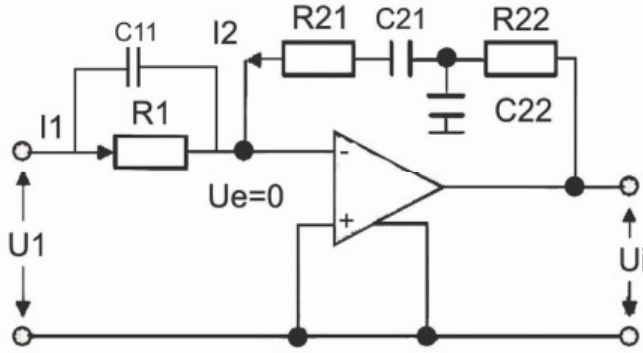
$$Kp = \frac{R_2}{R_1} \quad dhe \quad Ti = R_2 \cdot C_2 \dots \dots \dots (3-35)$$

OT-ayarlayıcıda ayarlama  $Kp$  ve  $Ti$  parametrelerin değişmesiyle yapıyor.  $Ti$  artınca (sonsuz doğru eğilimindedir) OT-ayarlayıcı O-ayarlayıcı gibi davranıyor.  $Kp$  ve  $Ti$  azalır (sıfıra doğru eğilimindedir), o zaman ayar-

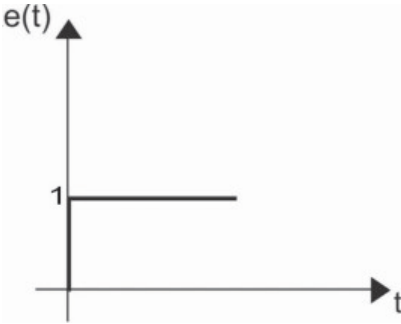
layıcı T-ayarlayıcı gibi davranıyor. Böyle bir ayarlama sistemin çalışması büyük isabetlikle ve yüksek hızla karakterize ediliyor.

### 3.5.5 Orantılı-Tümleştirici-Diferensiyel OTD-Ayarlayıcı

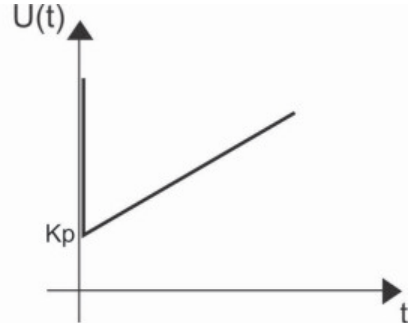
OTD-ayarlayıcı her üç, O-, T- ve D-ayarlayıcının kombinasyonudur. Pratikte diferensiyel ayarlayıcı hiçbir zaman tek olarak uygulanmayarak, genelde orantılı ya da orantılı-tümleştirici ayarlayıcıya ekleniyor.



a)



b)



Res. 3-34. Elektronik OTD-ayarlayıcı, (a) prensipli blok-şema, (b) iletim özellikleri

Res.3-34 verilmiş olduğu OTD-ayarlayıcıda, geri bağlantı empedansı RC elemanlardan kombinasyon devresidir ( $R_{21}$ ,  $R_{22}$ ,  $C_{21}$  ve  $C_{22}$ ). Ayarlayıcının iletim fonksiyonu ( $W(p)$ ) ise:

$$Z_1(p) = R_1$$

$$Z_2(p) = \frac{1}{p \cdot C_2} \cdot (1 + p \cdot R_{21} \cdot C_{21}) \cdot (1 + p \cdot R_{22} \cdot C_{22}) + P \cdot R_{21} \cdot C_{22} \dots (3-36)$$

$$W(p) = -\frac{Z_2(p)}{Z_1 \cdot Kp}$$

İletim fonksiyonu (W(p)) şu ifadeyle tanımlanıyor:

$$W(p) = Kp + Ki \cdot \frac{1}{p} + Kd \cdot p = \frac{1}{p \cdot Ti} \cdot Kp \cdot (Ti \cdot p^2 + Ti \cdot p + 1) \dots (3-37)$$

Ayarlayıcı  $Kp$ ,  $Ti$  ve  $Td$  parametrelerin düzenlemesiyle ayarlanıyor. Parametre  $Td=0$  olunca,  $OTD$  – ayarlayıcı  $OT$ -ayarlayıcı gibi davranıyor.

### 3.5.6 Ayarlayıcıların Ayar Şekilleri

Süreçlerle yönetim sırasında, pratikte istenmeyen bir olay olan ayarlayıcı parametrelerinin plansız ayarlanmasından kaçınmak için, teoretik analizlere ve pratik incelemelere dayanan basit yöntemler gelişmiştir. Ayarlayıcının parametrelerini belirlemek için birçok yöntem var. Onlardan en çok bilinen şunlardır: Ziegler-Nichols yöntemi, Chien-Hrones-Reswick yöntemi ve simetrik ve modüler optimum yöntemi.

**Ziegler-Nichols** yöntemi,  $O$ -;  $OT$ - ve  $OTD$ -ayarlayıcının parametrelerini deneysel şekilde belirlemek tanımlıyor. Bu yöntemle sistemin geri bağlantıyla gerçekleşmişse, bu bağlantının kesilmesi şart olmadığı anlamına geliyor. Birincil  $O$ -  $OT$  veya  $OTD$  yönetim kuralına bağımsız olarak, ayarlayıcının etkisi orantılı etkisine ( $Kp$ ) kalıyor. Bu arada tümleştiricinin zaman sabiti en yüksek (maksimum) değere doğru gidiyor ( $Ti$  sonsuza eğilimlidir), diferensiyatörün zaman sabiti ise en düşük değere (minimuma) doğru gidiyor ( $Td$  sıfıra eğilimlidir).  $O$  zaman  $Kp$  küçük bir değere ayarlanıyor, öyle ki ayarlayıcı çemberin kararlılığı olmalıdır. Sistem, atlayıcı sinyalle tahrik ediliyor ve  $Kp$  adım adım küçük değerler için artıyor. Osiloskopta çıkış sinyali takip ediliyor, bir anda  $Kp$ 'nın artması sistemin kararlık sınırında olmasına getirilecek ve onun titreşmesine yol açacak.  $Kp$ 'nın bu değeri  $(Kp)_{kr}$  –kritik değer olarak ve titreşme periyodu  $T_{kr}$  hafızalanıyor. Bu yönteme göre, bilinen  $(Kp)_{kr}$  ve  $T_{kr}$  değerleri için ayarlayıcının parametre değerlerini belirleyen tablo yapılmıştır.

Ayarlayıcı	$K_p$	$T_i$	$T_d$
O	$0,55 \cdot (K_p)_{kr}$	-	-
OT	$0,35 \cdot (K_p)_{kr}$	$1,25 \cdot T_{kr}$	-
OTD	$0,60 \cdot (K_p)_{kr}$	$0,80 \cdot T_{kr}$	$0,2 \cdot T_{kr}$

Bu yöntemin dezavantajı sistemin titreşim sınırına getirilmesinin gerekçesidir, ancak bazı durumlarda bu işlemin gerçekleşmesine izin verilmiyor. Ancak, bu dezavantajlara rağmen, bu yöntemlerin kullanılması kuşkusuz ki parametreleri plansız ayarlamakla büyük titreşimlerin meydana gelmesi olasılığından daha iyidir.

### 3.6 SÜREKSİZ ETKİLİ AYARLAYICILAR

Doğrusal olmayan iletim özellikli elemanlar arasında röleli ayarlayıcılar da yer alıyor. Röle-özellikli ayarlayıcılara sürekli olmayan etkili ya da kesintili etkili ayarlayıcılar denir.

Böyle değişken bir büyüklükle yönetilen yürüten organ birkaç sabit pozisyon alabilir. Elde edilen sabit pozisyonlara bağlı olarak, sürekli olmayan etkili ayarlayıcılar şöyle olabilir: ikipozisyonlu ayarlayıcı, üçpozisyonlu ayarlayıcı ya da vurulu ayarlayıcı.

#### İkipozisyonlu ayarlayıcı

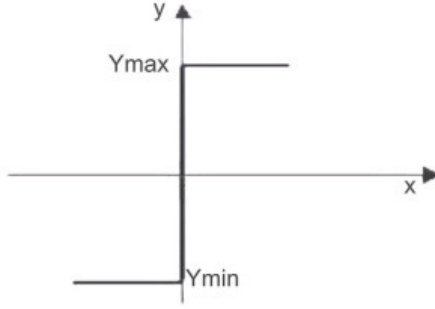
İkipozisyonlu ayarlayıcılarda çıkış büyüklüğün sadece iki kalıcı değeri olabilir. Ayarlayıcı tarafından yönetilen yürüten elemanın sadece iki pozisyonu olabilir. Bu ayarlayıcının çıkış statik özelliği Res.3-35'te verilmiştir.

$y(t)$  çıkış büyüklüğü  $x(t)$  giriş büyüklüğün değişim sınırlarında değişmiyor. Çıkış büyüklüğü bir anda en düşük değerde olabilir, diğer anda ise en yüksek değeri olabilir. Bu değerlerin değişimi özellikleri aynı bir noktada meydana geliyor.

Çıkış büyüklüğünün ayarlanan büyüklükten fonksiyonel bağımlılığı aşağıdaki ifadeyle verilmiştir:

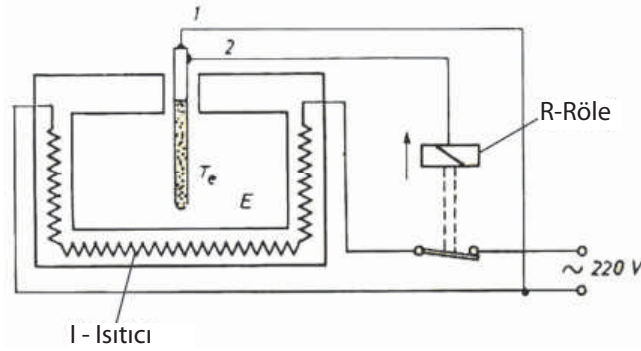
$$X < X_0 \text{ için } Y=0, X > X_0 \text{ için ise } Y=100\% \dots\dots\dots (3-38)$$

Bu ayarlayıcılar bir ortak noktalı ayarlayıcılardır. Onlar farklı amaçlarla kullanılıyor, örneğin: mekanik, pnömatik, elektrikli yada karışık ayarlayıcılarda.



Res. 3-35. İkipozisyonlu ayarlayıcının statik özelliği

Sıradaki örnek elektrikli fırında (E) sıcaklık ayarlanmasının nasıl uygulandığını açıklıyor.

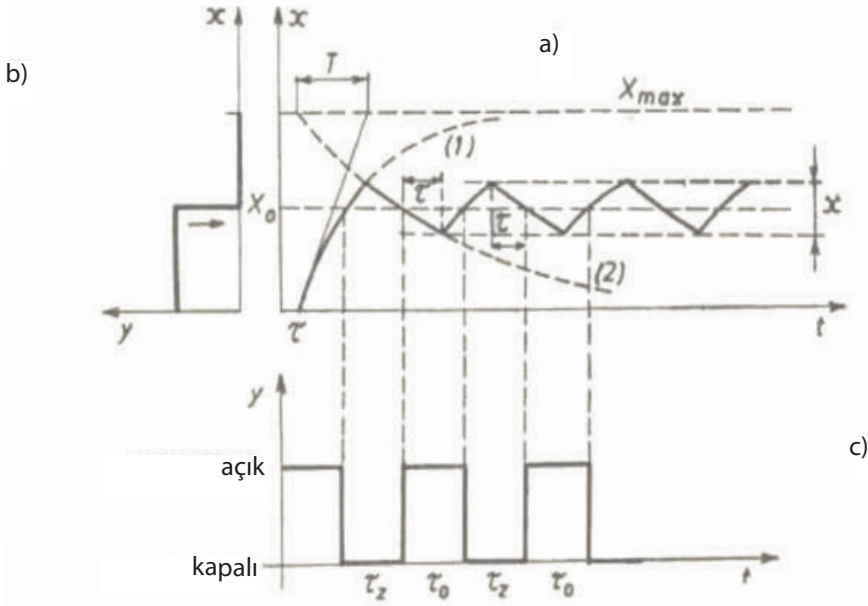


Res. 3-36. Elektrikli fırında ikipozisyonlu sıcaklık ayarlayıcı örneği

Elektrikli fırının ısıtıcı bobini 220V gerilim şebekesine bağlıdır. Sıcaklık cıvalı termometreyle ölçülüyor ( $T_e$ ). Termometreye istenilen değerlerin verilmesi termometrede bulunan iletken tel ile yapılıyor. Yürütme organının işlevini röle (R) yapıyor. Röle kontaklarıyla fırın ısıtıcısını (G) açıp kapatıyor. Res.3-36'da elektrikli fırının ikipozisyonlu sıcaklık ayarlayıcı örneği verilmiştir.

Ayarlama sistemin dinamiği fırındaki sıcaklığın dinamiği ve değişimi-ne bağlıdır. Ayarlanmamış sürecin zamanlama özelliği yan çizginin atlama-lı karşılığıdır. Özellik iki büyüklüğe bağlıdır: zaman sabiti ( $T$ ) ve zaman gecikmesi ( $\tau$ ). Bu sistemin çalışması Res.3-37'de verilmiş olan diyagramla tanımlanabilir. (a) diyagramında ayarlanan büyüklüğün diyagramı verilmiştir, (b)'de ayarlayıcının statik özelliği, (c)'de ise ayarlayıcıyla yönetilen bü-

yüklüğün değişmesi verilmiştir.  $X_0$  ayarlama büyüklüğünün değeri  $50\% X_{max}$  ayarlanıyor.  $X(t)$  (1) yan çizgiden geçince ve  $X_0$  verilen değeri kazanınca, beslemenin elektrik devresi kapanıyor ve o zaman ısıtıcı kapanıyor. Ölü zaman dolayından  $X(t)$ 'nin değeri artmaya devam ediyor, ölü zaman geçince ayarlanan büyüklük azalmaya başlıyor.  $X_0$  değerinden geçildiği zaman elektrik devresi kesiliyor ve fırının ısıtıcısı açılıyor.  $X(t)$  değerinin artma ve azalma döngüsü Res.3-37(b)'de verilmiştir ve kesin olarak belirlenmiş şekilde tekrarlanıyor.



Res. 3-37. İkipozisyonlu ayarlayıcıların çalışma diyagramı

İkipozisyonlu ayarlayıcılarda ayarlamamanın doğruluğu yürütme elemanın seçimine bağlıdır.

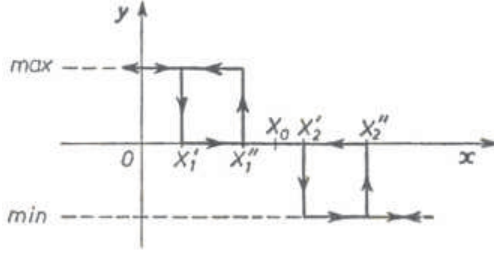
### Üçpozisyonlu ayarlayıcılar

Çıkış büyüklüğünün üç değeri olan ayarlayıcılar böyle adlandırılıyor. Bu ayarlayıcılarda yürütme organı üç farklı pozisyon alabilir. Statik özelliğine göre üçpozisyonlu ayarlayıcılar duyarsız alanlı üçpozisyonlu ayarlayıcılar ve duyarsız alanlı ve gecikme (histerezis) ile üçpozisyonlu ayarlayıcılar ol-



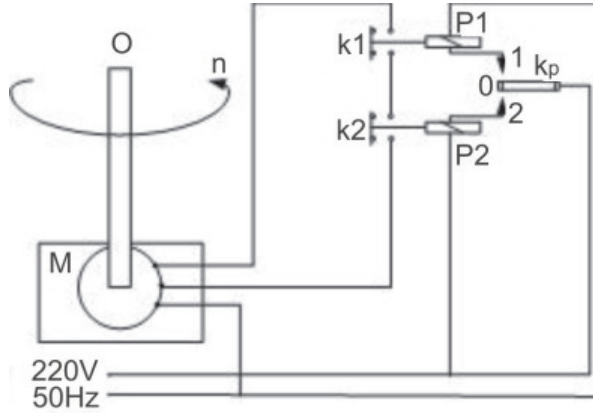
### 3. AYARLAMA DEVRELERİNDE ELEKTRONİK KURGULAR VE CİHAZLAR

mak üzere ikiye ayrılıyor. Üç pozisyonlu ve dört ortak noktalı üçpozisyonlu ayarlayıcının çalışma diyagramı Res.3-38'de verilmiştir.



Res. 3-38. Üçpozisyonlu ayarlayıcının çalışma diyagramı

Üçpozisyonlu ayarlayıcı için bir örnek Res.3-39'da verilmiştir. Üçpozisyonlu ayarlayıcının elemanları şunlardır: ölçü enstrümanına bağlı olan  $K_p$  kontak kurgu,  $K_1$  ve  $K_2$  sabit röleler, değişimli elektrik motoru ve  $I_0$  yürütme organı.



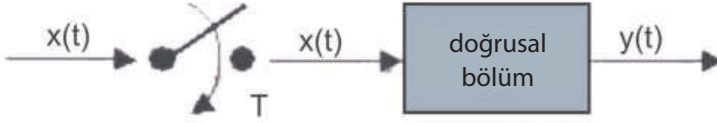
Res. 3-39. Üçpozisyonlu ayarlayıcı

$K_1$  veya  $K_2$  kontakların aracılığıyla rölelerden birinin aktifleştirilmesiyle, motorun besleme devresi kapanıyor. Motorla, bir veya diğer yönde dönen ( $I_0$ ) yürütme organı hareketleniyor. Kontaklı sistemin üç olası pozisyonuna: nötr pozisyonda hareketli elektrot (0), pozisyon (1)'de ya da pozisyon (2)'de hareketli elektrot pozisyonunda olmasına bağlı olarak, ayarlayıcının üç çıkış değeri var:  $y = Y1$ ,  $y = Y1$ ,  $y = 0$ . Elektrikli motor kendi dinamiğiyle tüm sistemin davranışına etkiliyor.

İkipozisyonlu ve üçpozisyonlu ayarlayıcılar, ayaralamanın yüksek isabetliği arandığı ve dinamik hatanın önem taşımadığı durumlarda süreç büyüklüklerin ayarlanması için kullanılıyor. Bu ayarlayıcılar yapı açısından basittir, bakım ve kullanım için kolaydır ve genelde düşük fiyatları vardır.

### Vurulu ayarlayıcılar

Vurulu ayarlayıcılar ayrık etkili ayarlayıcılar grubunda yer alıyorlar. Yapısal açıdan, diğer ayarlayıcılardan farklı olarak, bu ayarlayıcıların, sürekli değişken sinyallerini (ayarlanan büyüklükleri) vurular dizisine dönüştüren ayrı elemanları vardır. Ayarlayıcının yönetme bloku iki bölümden oluşuyor: vuru elemanı ve vuru modülatörü. Res.3-40'ta vurulu ayarlayıcının blok-şeması verilmiştir.



Res. 3-40. Vurulu ayarlayıcının blok-şeması

Blok-şemada vurulu eleman her T saniyede kapanan ve çok kısa zaman kapalı olan anahtar olarak tanımlanmıştır. Vuru elemanın girişinde  $X(t)$  sürekli sinyal getiriliyor, çıkışta ise  $X_i(t)$  vuru sinyali elde ediliyor. Sürekli değişken büyüklüğün ayrık büyüklüğe dönüştürülmesi üç şekilde yapılıyor:

- vurunun amplitüdünün değişmesiyle, amplitüt vurulu modülasyonu;
- vuru genişliğinin değişmesiyle, pozisyona göre vuru modülasyonu;
- vurunun sürdüğü zamanın değişmesiyle, zamana göre vuru modülasyonu.

Vurulu ayarlayıcılarla O, OT, OD, OTD ayarlayıcıların dinamik özelliklerin tüm standart şekilleri uygulanabilir. Vurulu etkili ayarlayıcı ikipozisyonlu ya da üçpozisyonlu olabilir. Vurulu ayarlayıcılar, diğer ayarlayıcıların iyi özellikler vermeyen, gecikmeli süreçlerin ayarlanması için kullanılıyorlar. Vurulu ayarlayıcıların nispeten büyük zaman sabitleri ve değişken büyüklüğün büyük değişme hızı, iletim hatlarının yüksek faydalanma dereceleri olmalıdır.

### **3. AYARLAMA DEVRELERİNDE ELEKTRONİK KURGULAR VE CİHAZLAR**

Şimdiye kadar yaptığımız analizler ideal dinamik elemanlardan yapılmış ideal ayarlayıcılar için geçerlidir. Sanayi ayarlayıcılar, dinamik özellikleri incelediğimiz özelliklerden farklı olan gerçek elemanlardan oluşuyorlar. Bu özellikler, ideal özelliklerinden daha az ya da daha çok cayan gerçek özelliklerdir.

### 3 ÖZET

- ❖ Otomatik yönetim, yönetim etkilerini oluşturmak için önceden verilmiş algoritmaya uygun, insanın yokluğunda çalışan sistemlerin aracılığıyla gerçekleşen işlemler sürecini tanımlıyor.
- ❖ Otomatik yönetim sistemi (OYS), aralarında belirli bir şekilde etkileşme amacıyla bağlanarak yönetilen nesne ve otomatik yönetim cihazının bütünlüğüdür.
- ❖ Otomatik ayarlama (OAS) bir süreci karakterize eden, verilen bir büyüklüğün sabit değerinin korunmasını ya da bu büyüklüğün verilmiş kanuna göre değişimini tanımlıyor.
- ❖ Açık otomatik yönetim sistemler, nesne ile doğrudan yönetimin gerçekleştiği sistemlerdir.
- ❖ Kapalı yönetim sistemi çıkış büyüklüğünü giriş büyüklüğüyle karşılaştırılmasını sağlayan geri bağlantıyla nitelendiriliyor. Giriş ve çıkış büyüklüğünün fonksiyonu olarak, YN'in girişine etkileyen yönetim değişkeni  $u(t)$  elde ediliyor.
- ❖ Verilen değişken  $x(t)$  referans değişkeni ya da referans olarak adlandırılıyor. Bu değişken  $y(t)$  çıkışında verilen değeri belirliyor.
- ❖ Her OYS şunlardan oluşuyor: Yönetim nesnesi (YN) ve ona eşilik eden bir ya da birden fazla yönetim elemanı (YE).
- ❖ Ölçü dönüştürücüleri yönetim sistemlerin birincil elemanlarıdır. Ölçü dönüştürücüleri ölçü değişkenini işletilebilen sinyale niceliksek dönüştüren bileşenler veya cihazlardır.
- ❖ Aktif dirençli elektrikli ölçü dönüştürücüleri, rezistör uzunluğun, yüzeyin, kesitin ya da özel direncin değişiminden ohm direncin değişiminin fonksiyonunda çalışıyorlar.
- ❖ Endüktif dönüştürücüler (vericiler) sadece bir yada fazla endüktansın değişimine çalışıyorlar.
- ❖ Hall etkisi, belli kalınlığı, katı agrega durumunda ve dış manyetik alanda bulunan malzemede meydana geliyor. Bu malzemedeki elektrik akınca (B) manyetik alan vektörünün yönüne dik yönde gerilimi meydana geliyor.

### 3. AYARLAMA DEVRELERİNDE ELEKTRONİK KURGULAR VE CİHAZLAR

---

- ❖ Hata sinyal detektörü sistemin istenilen değerine karşı gerçek değeri belirleyen cihazdır.
- ❖ Hata sinyaller detektörüne ya diskriminatör (ayırıcı) ya da karşılaştırıcı denir.
- ❖ Ayarlayıcı, otomatik ayarlama sürecinin gerçekleştiği cihaz ya da cihazlardır.
- ❖ Komütasyon bölümünde otomatik komütasyon bağlarının temel elemanları Reed röleleridir.
- ❖ Orantılı ayarlayıcı (O) giriş ve çıkış büyüklüğü orantılı bağımlılıkla karakterize ediliyor.
- ❖ Tümlleştirici ayarlayıcının (T) giriş büyüklüğünün zaman integraline orantılı çıkış büyüklüğü var.
- ❖ D-ayarlayıcısında giriş ve çıkış büyüklüğü arasında diferensiyel bağımlılık var.
- ❖ OT-ayarlayıcısında ayarlama  $K_p$  ve  $T_i$  parametrelerin değişmesiyle yapılıyor.  $T_i$  artınca (sonsuz doğru eğilimlidir) OT-ayarlayıcı O-ayarlayıcı gibi davranıyor.  $K_p$  ve  $T_i$  azalınca (sıfıra doğru eğilimli olursa), o zaman ayarlayıcı T-ayarlayıcısı olarak davranıyor. Böyle bir ayarlama sistemin çalışması yüksek isabet ve büyük hızla nitelendiriliyor.
- ❖ OTD ayarlayıcı her üç O,T,D-ayarlayıcıların birleşimidir. Ayarlayıcının ayarlanması  $K_p$ ,  $T_i$  ve  $T_d$  parametrelerin ayarlanmasıyla yapılıyor. Parametre  $T_d=0$  olunca, o zaman OTD-ayarlayıcı OT-ayarlayıcı gibi davranıyor.
- ❖ Doğrusal olmayan özellikli elemanlar röleli ayarlayıcılar olarak kullanılıyor. Sürekli etkisi olmayan ayarlayıcı elde edilen sabit pozisyonlara bağlı olarak ayarlayıcılar: ikipozisyonlu ayarlayıcılar, üçpozisyonlu ayarlayıcılar veya vurulu ayarlayıcılar olabilir.

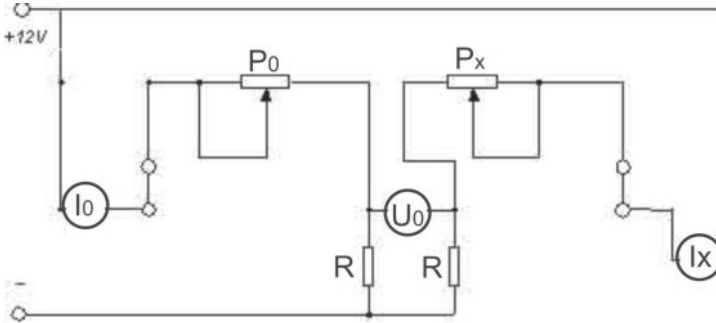
### SORULAR VE ÖDEVLER:

1. Yönetim sisteminin elemanları hangileridir?
2. Yönetim sistemlerinde giriş sinyalleri nedir, çıkış sinyalleri ise nedir?
3. OYS'lerin ayırımı için temel kriterler (ölçütler) hangileridir?
4. Vurulu elemanda giriş-çıkış sinyallerin zamanlama diyagramı çizilsin.
5. Açık yönetim sisteminin özelliklerini say!
6. Kapalı yönetim sisteminin blok-şemasını çiz !
7. OTD ayarlayıcının prensipli gerçekleşmesini çiz!
8. Geri bağlantının avantajları ve dezavantajları nedir?
9. OT-ayarlayıcının ve OTD-ayarlayıcının prensipiyel şemaları arasında farkı belirle!
10. Otomatizasyonun sunduğu avantajlar nedir?

**Ödev 1:** Verilen fotodirençli dönüştürücülerin özelliklerini kaydet.

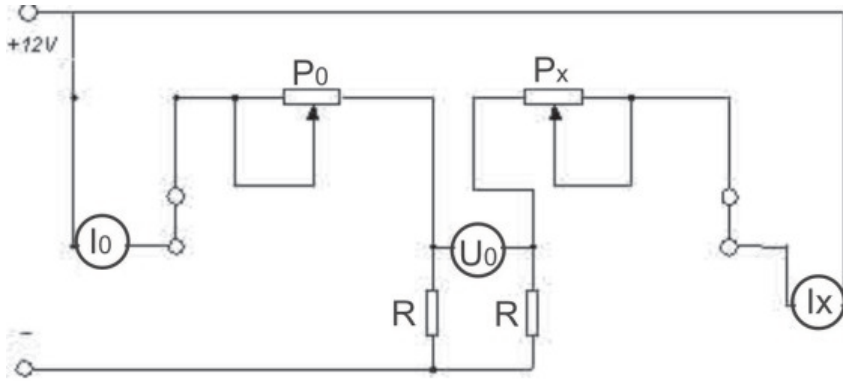
**Ödev 2:** Elektrikli diskriminatörün özelliklerini kaydet

- verilen şemaya göre elemanlar bağlansın ve elektrik akımının verilen değerler  $I_0$  için,  $P(x)$  potansiyometrede kaydırıcının değişmesiyle  $I_x$  değişken elektriğin değerleri ölçülsün. Elde edilen sonuçlar tabloya geçirilsin.

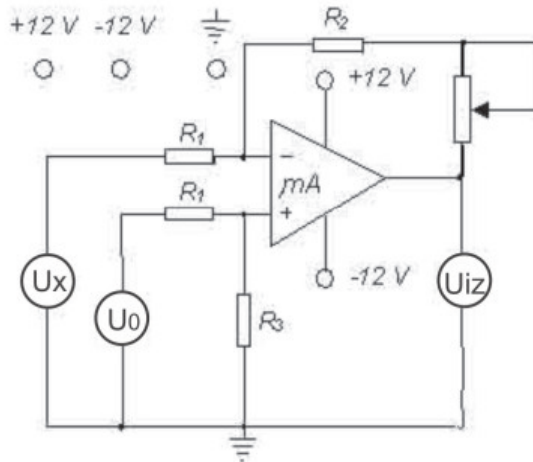


**Ödev 3:** Elemanlar verilen şemaya göre bağlansın.  $I_0$  elektriğin değerleri verilmişse,  $P_x$  potansiyometrenin değişmesiyle  $I_x$  elektriğin mevcut değerlerinin değişmelerine bağlı olan gerilim değişimleri ölçülsün. Elde edilen sonuçlar tabloda yazılsın. Grafik bağımlılığı çizilsin.

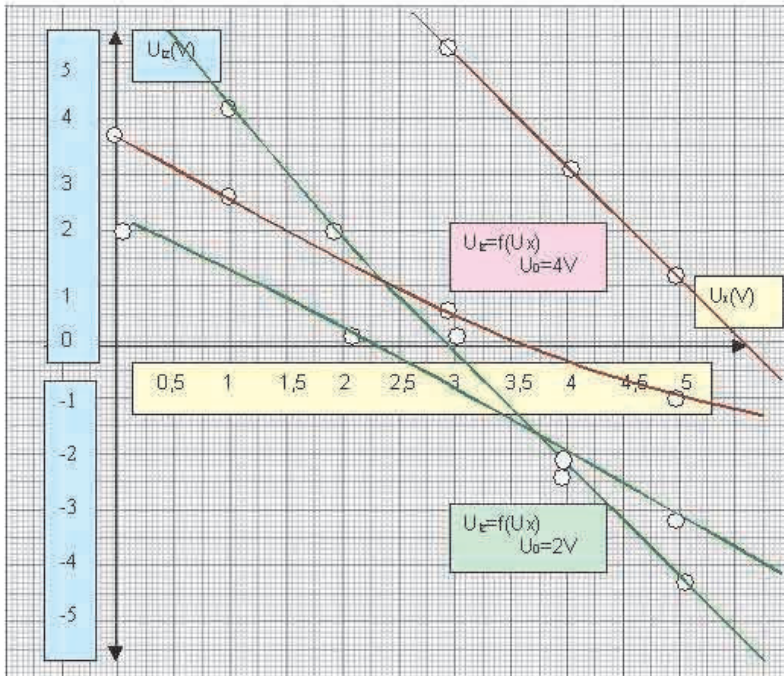
### 3. AYARLAMA DEVRELERİNDE ELEKTRONİK KURGULAR VE CİHAZLAR



**Ödev 4:** Evirici olmayan girişin  $U_0$  geriliminin sabit değeri sırasında, evirici girişin  $U_x$  gerilimi değişirse, işlemci kuvvetlendiricili hata detektörünün gerilimi ölçülsün. Ölçmeden elde edilen sonuçlar tabloda yazılsın ve grafik bağımlılığı çizilsin.



Cevap: Ölçülen değerlerin olası diyagramları:





---

## 4. SİNYALİZASYON VE KORUMA AMAÇLI ELEKTRONİK KURGULAR VE CİHAZLAR

---

**3** eknolojinin hızlı gelişimi, programlanılabilir mantık denetleyiciler ve bilgisayar yönetim sistemlerin bağlanmasıyla büyük sayıda yönetim görevlerin çözülmesine yol açmış. Bu arada sistemde sensörler ve motorlar, anahtarlar, vanalar, işlem paneller ve benzer yönetim birimleri bağlanıyor. Cihazlar arasında iletişim olanakları o kadar büyüktür ki yönetim sürecinin düzelmesinde yüksek derecede kullanım ve verimlilik ve farklı fikirlerin gerçekleşmesinde uysallık sağlanıyor. Bu arada her bileşen büyüklüğün önemsemeden önemli rolü vardır. Merkezi bilgisayar yönetim sistemlerin bağlanmasıyla ve programlanabilir mantık denetleyicilerin kullanılmasıyla süreçlerin tüm gözetleme, kontrol ve sinyalizasyon işlevlerin gerçekleşmesi ve onların normal çalışması sağlanıyor.

Yönetim süreçlerin **gözetlenmesi** tüm değişimlerin ve bu değişikliklerin uygun elektrik sinyallerine dönüştürülmesini sürekli izlemek tanımlıyor.

Yönetim sistemin **kontrolü** önceden elde edilmiş sinyalleri ve önceden verilmiş değerleri karşılaştırmak ve olası farkların giderilmesi için çözüm getirmek demektir.

Yönetim sürecinin **sinyalleştirilmesi**, sürecin verilen andaki durumuyla ilgili anlaşılır görüntülü ve sesli bilgi tanımlıyor.

Tüm bu işlevleri göz önüne alarak, tüm sürecin tamamıyla kontrollü olacağı sonucuna varabiliriz. Böylece şu ayrı aşamalar sağlanacak:

- koşulsuz durdurma;
- uyarma;
- sinyalizasyon;
- koruma eylemlerin gerçekleşmesi için özel sistemler ve cihazların eklenmesi.

## **4.1 KONTROL SİSTEMİNİN YAPISI**

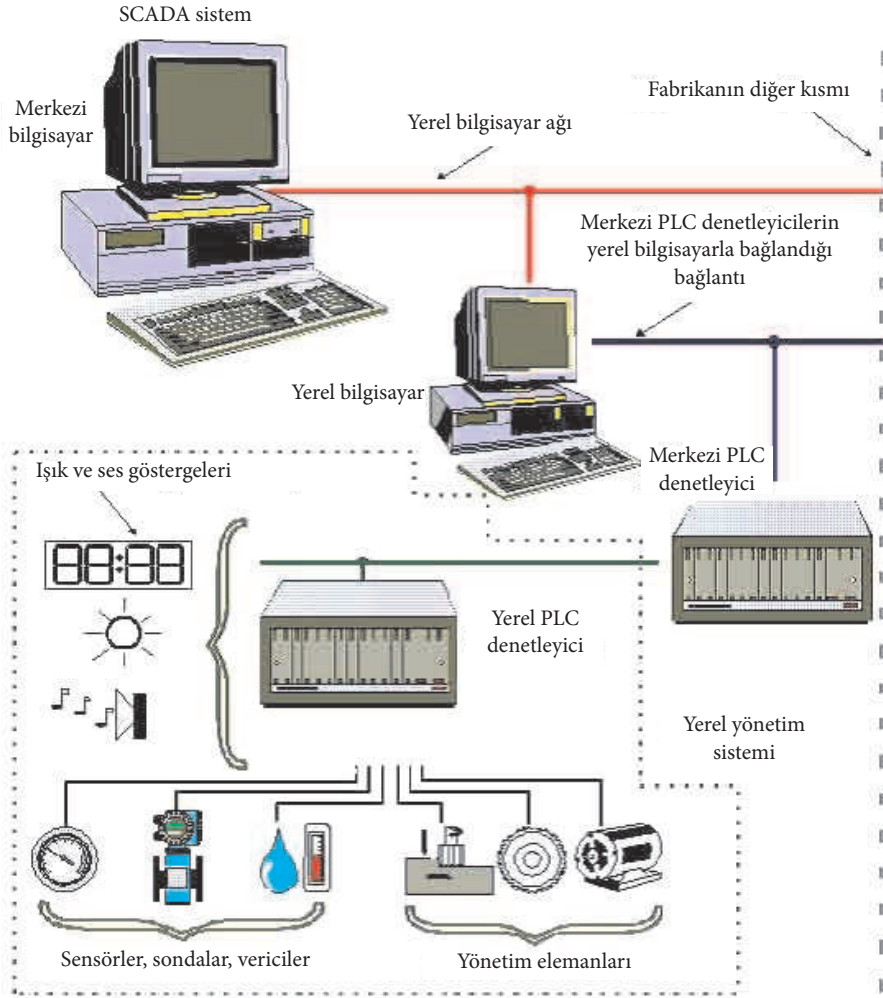
Yönetim sistemi büyük sayıda elektronik cihazlar ve çalışmada denge ve isabetlik sağlayan ve üretim süreçlerinde zararlı ara durumlarını gideren diğer donanımdan oluşuyor. Yönetim sistemi farklı şekilde olabilir: enerji makineden büyük terminallere (tesislere) kadar. Otomatikleştirilmiş sistemlerde yönetim ve kontrol sistemlerin merkezi PLC-denetleyicilerdir. PLC'nin belleğinde yerleşmiş programla çıkış cihazlarına neyin uygulanacağını belirleniyor.

PLC (PROGRAMABLE LOGICAL CONTROLLER), donanımın ve yazılımın sanayi süreçlerin ihtiyaçlarına göre özel olarak adapte olan sanayi mikrodenetleyici sistemdir. PLC sayesinde sistem gözetimsiz ve kontrolsüz kalmıyor.

Res.4-1'de bir terminalin yerel kontrolü için PLC ile gerçekleşmiş sistem verilmiştir.

İletim karşılıklı bağlantılar şöyle adlandırılmıştır:

- 1) CONTROLLER LINK – bilgilerin paketlerde iletimi, büyük miktarda bilgilerin otomatik ve programlanır iletimi için ve ağların gözetilmesi (kırmızı çizgilerle işaretlenmiş) için kullanılıyor. Bunlar merkez bilgisayar ve yerel bilgisayarlar arasında bağlantılardır.
- 2) Ether NET – Yüksek hızla ve uzak mesafelere (mavi çizgilerle işaretlenmiş) bilgilerin paketlerde iletimi. Bunlar yerel bilgisayarlar ve PLC denetleyiciler arasındaki bağlantılardır.
- 3) CS1D Duplex PLC –Çalışmaların arızalı birimlerden yedek (Duplex) birimlere otomatik olarak taşınmasını sağlıyor. Böylece sistem



Res. 4-1. Bir terminal ile PLC'li yerel kontrol sistemi

hiçbir zaman kontrolsüz kalmıyor (yeşil rekle işaretlenmiştir). Bunlar PLC denetleyiciler arasındaki bağlantılardır.

- 4) DEVICE NET – mesaj, sinyal kontrolü, iletişim için özel kablo (siyah çizgilerle işaretlenmiştir). Bunlar PLC denetleyiciler ve yönetim elemanları (giriş birimleri ve çıkış cihazları) arasındaki bağlantılardır.

## 4.2 PLC SİSTEMLERİ

Temelinde PLC içinde destek programı içeren, denetleyiciyle, işlem paneliyle ya da başka gösterge enstrümanlarıyla iletişim için O/I cihazlardan bağlantılar içeren mikroşlemci sistemidir.

PLC, işlevini mantıksal ardaşıl (sıralı) makinede gerçekleştiriyor. İçinde programlı yönetmenin dış işlevlerinin gerçekleşmesini sağlayan eşit matematiksel fonksiyonların işlenmesi için olanaklar yerleşmiştir.

Bu şekilde PLC, bazı giriş sinyallerine dayanarak onlara uygun çıkış sinyalleri belirliyor. Röleli ve yarıiletkenli mantığın değiştirilmesi için yapılmıştır. PLC mantıksal işlevler dışında aritmetik hesaplamalar da yapabilen mikrobilgisayardır.

Genel özellikler:

- röleli ağların mantığına uyum sağlanmış özel sembolik programlama dilleriye programlamak;
- sanayi yapılarında çalışma olanağı, makinede yükleme olanağı;
- kolay bakım, daha yüksek güvenilirlik ve dayanıklılık, uygun fiyat;
- daha büyük ve hiyerarşik yönetim sistemleriye bağlanma olanağı.

Denetleyicilerin, yerine getirmeleri gereken temel şartlar şunlardır:

- basit ve hızlı programlama, programın kullanıcı tarafından olduğu yerde bakımı;
- bakımı ve onarımı basitleştiren modüler organizasyon;
- çalışmada büyük güvenlik;
- küçük boyutlar ve uygun fiyatlar.

PLC-denetleyiciden yapılmış komutu kabinenin avantajları:

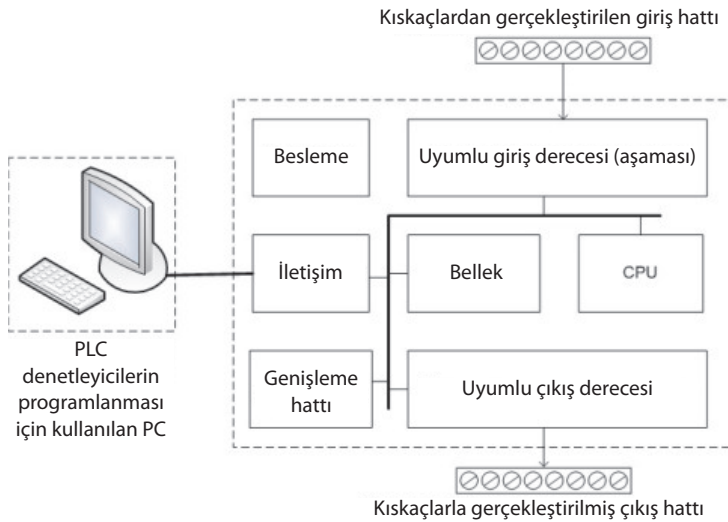
- bağlanmak için 80% daha az kablo gerekiyor (geleneksel sistemlere kıyasen);
- enerji tüketimi büyük ölçüde azalmıştır;
- hataların çabuk ve kolay görülebilirmesi;
- yönetimde bir sekansın değişimleri ya da başka bir yönetim sürecine geçmek mobil (taşınabilir) konsol (terminal) aracılığıyla ya da sistemdeki yazılımın yardımıyla gerçekleşiyor;
- çok daha az yedek parçalar gerekiyor;

- geleneksel yönetim sistemlerinden çok daha ucuzdur, özellikle fazla O/I cihazları gerektiği ve yönetim işlevlerin kompleksli olduğu durumlarda;
- çalışmada yüksek güvenilirlik.

#### PLC denetleyicilerin yapısı

PLC donanımı ve yazılımı sanayi etrafa uyum sağlamış sanayi mikrodenetleyici sistemidir. Denetleyicinin oluşmuş olduğu tipik parçaların blok-şeması Res.4-2'de verilmiştir. Programlama birimi genelde programın yazılması için kullanılan bilgisayardır.

CPU (Central Processing Unit) – denetleyicinin beyini olan merkezi işlem birimi. Genelde 16 bitli veya 32 bitli bir mikrodenetleyicidir. CPU ile iletişim, denetleyicinin diğer parçalarla aralıklı bağımlılık, programların yürütülmesi, bellek yönetimi ve çıkışların ayarlanması gerçekleşiyor.



Res. 4-2. Denetleyicide tipik bileşenlerin blok-şeması

Sistem belleği (en sıkça FLASH teknolojiye) denetleyici tarafından işletim sistemi olarak kullanılıyor.

İşletim sistemi dışında, belevte ikili (binar) şekilde çevrilmiş kullanıcı programı da yerleşiktir. Sistem, belleği ayrı işlevleri olan bloklara ayırır.

Bazı bölümler girişlerin ve çıkışların durumunu hafıza ediyor, diğer bölümler ise kullanıcı programında değişkenlerin içerikleri hafıza ediliyor.

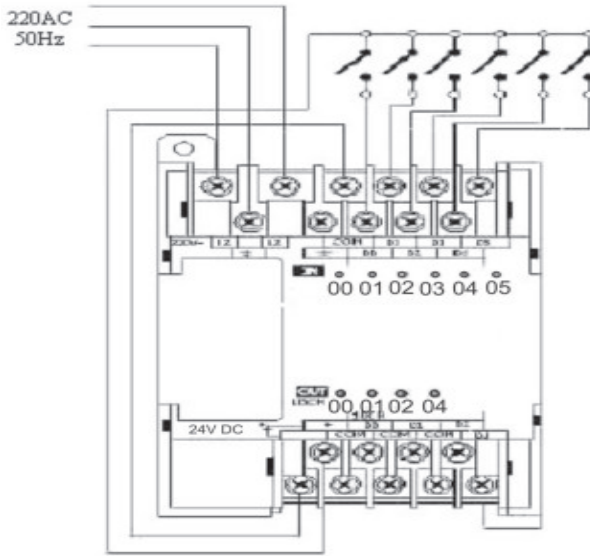
Besleme – Elektrikle besleme CPU'ya elektrik enerji getiriyor. Bu besleme genelde çıkış birimlerinin hareketlenmesi için kullanılmıyor.

PLC girişleri: Yönetilen süreçten sinyalleri kabul ediyorlar. Daha küçük denetleyicilerin sadece dijital giriş hatları vardır. Daha büyük PLC'lerin analog girişleri de vardır. Girişler olarak genelde sensörlerden sinyaller kullanılıyor, ancak daha kompleks sistemlerden sinyaller de olabilir.

PLC çıkışları denetleyicinin, yönetimin gerçekleştiği çıkış cihazlarla bağlanması için kullanılıyor. Onlar dijital ya da analog olabilir.

Genişleme hatları: her denetleyicinin sınırlı sayıda giriş-çıkış hatları vardır. Gerekirse, bu sayı ek modüllerle – genişleme hatlarına artıyor.

Her PLC denetleyici çevresel birimli (dijital girişler ve çıkışlar- röleler) mikrodenetleyici sistem tanımlıyor. Bir denetleyici türü Res.4-3'te verilmiş CPM1A denetleyicisidir.



Res. 4-3. CPM1A PLC - denetleyicisi

Üst yüzeyde dört LED göstergesi ve bilgisayarın arabirimine doğru RS232 modülüyle bağlanmak için bağlantı bulunuyor. Üst ve alt tarafta gerçek sistem ve her giriş ve çıkışın durumu için ışık göstergesiyle bağlanmak

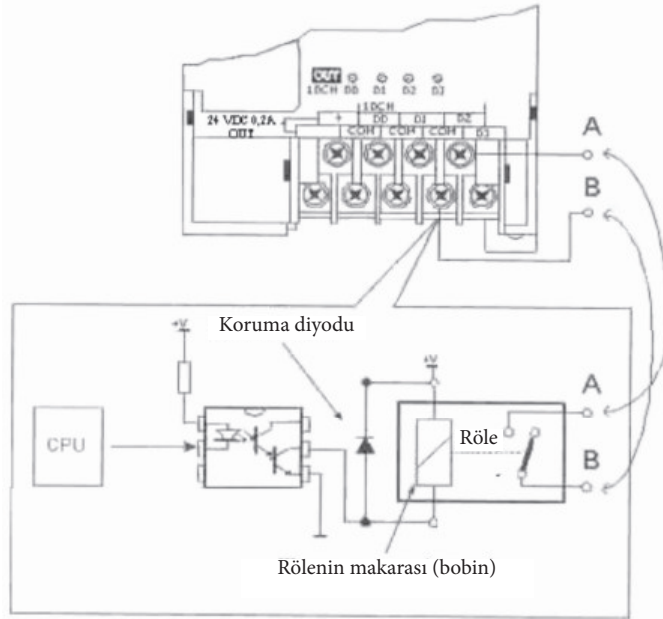
için kısaçalar yerleşiktir.  $L_1$  ve  $L_2$  bağlantıları elektrikle besleme (220V) için uygulanıyor. Denetleyiciler sensörlerin beslenmesi için 24V'luk tekyönlü gerilim kaynaklarını da içeriyor.

Bu denetleyici komut kabines'nde diğer elemanlara beraber rayda monte edilebilir.

#### Denetleyicinin giriş-çıkış hatları

Giriş hatları ve CPU-birimi arasında ayarlanabilen derece - arabirim yerleşiyor. Bu arabirimin amacı CPU'yu girişi eşit olmayan değişimlerden korumaktır. Giriş arabirimi gerçek mantıktan değişiklikleri CPU-birimine uyan mantık seviyesine dönüştürüyor. Bu işlem, „opto - izolasyon” ile gerçekleşiyor (sinyeller LED-fototransistör çiftine geçiriliyor).

PLC-denetleyicilerin girişinde, PLC-girişinin durumunu değiştirebilen farklı sensörler, tuşlar, anahtarlar ve benzer elemanlar eklenebilir. Herhangi bir değişikliğin meydana gelmesi için girişi tahrik edecek gerilim kaynağı gerekiyor. En basit giriş tuştur (düşme). PLC'nin girişleri büyük tüketici olmadıklarından dolayı, tüm tuşların tahrik edilmesi için mevcut gerilimin kaynağı kullanılabilir.



Res. 4-4. Denetleyicinin bağlanma şekli

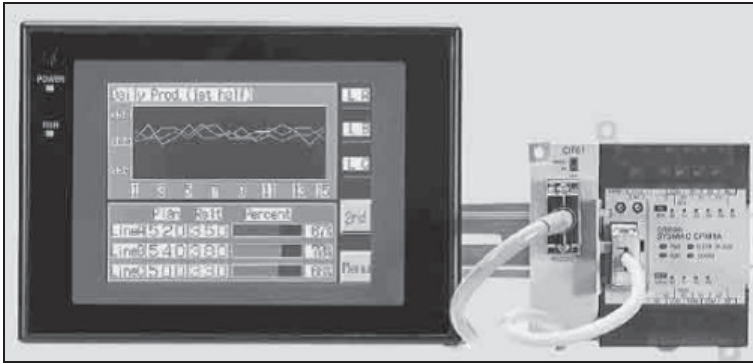
### Denetleyicinin girişinde tuşların bağlanma şekli

Çıkış arabirimi giriş arabirimine benzerdir, sadece çıkışta CPU LED diyoduna sinyal getiriyor ve onu çalıştırıyor. Işık fototransistörü tahrik ederek fototransistör çalışmaya başlıyor ve toplayıcı ili yayıcı arasında gerilim 0,7V'a (mantıksal sıfır) düşüyor. Fototransistör kapasitörün çıkışına doğrudan bağlanmış değildir. Fototransistör ve çıkış arasında genelde röle veya daha kuvvetli sinyallerin kesilmesi için daha kuvvetli transistör bulunuyor. Denetleyicinin bağlanma şekli Res.4-4'te verilmiştir. Transistörlü çıkışlar dışında, çıkış olarak röleler de bulunabilir. Böyle durum dış cihazlarla bağlanmayı kolaylaştırıyor.

Çalışma kontakları, denetleyicinin kasasından sıralı kısaçlar şeklinde çıkan 4 röle bulunuyor. Fototransistörün aktifleştirilmesiyle transistörün bobini gerilim altına gelerek, A ve B noktaları arasında kontak aktifleştiriliyor. Kontaktların nasıl durumda olacakları, bellek yerinde uygun bitlerin durumları aracılığıyla CPU belirliyor.

### 4.2.1 Programlanabilir Terminal

Programlanabilir terminal, bazı parametrelerin hızlı ve taşınır değişmesini, parametrelerin durumunun kontrolünü, yönetimin mevcut aşamayı gözetlemeyi ve yeni girilen parametrelerin korumasını sağlayan cihazdır.



Res. 4-5. Programlanabilir terminal ve CPM1A PLC'nin bağlanması

Programlanabilir terminalin şu oluşturucu parçaları vardır:

1. Ekran (görüntü birimi)
2. Klavye



3. Sinyal diyotları

4. Denetleyiciyle bağlanma kablosu.

Res.4-5'te programlanabilir terminalin bağlanması verilmiştir. Terminal en sıkça şu amaçlarla kullanılıyor:

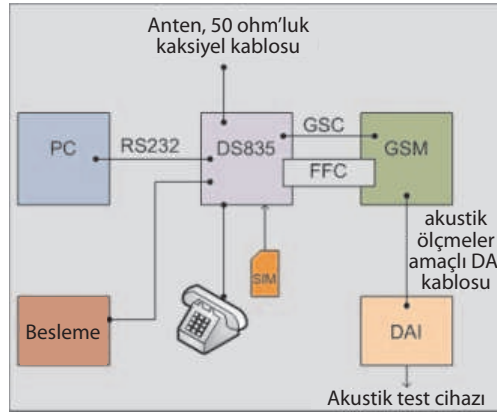
- sinyall durumlarının gösterilmesi (gözetleme);
- bellek yerlerinin (kontrolün) içeriklerinin değişmesi

### 4.3 SÜREÇLERİN UZAKTAN KONTROLÜ

#### 4.3.1 Mobil Telefonculuk ve PLC

Bir sürecin mobil telefonculuk veya İnternet aracılığıyla SMS mesajların yardımıyla uzaktan kontrol, özel donanım ve yazılımın sahip olunmasını tanımlıyor. Kullanıcı işlemcinin mantığıyla uygulama modülleri-programlar yardımıyla iletişim yapıyor. GSM terminalin donanımı Res.4-6'de verilmiştir.

Donanım bölümü şu çevre birimlerini kapsıyor: bilgisayar ağı (kartlar ve modemler ağı) ve SMS mesajların alınmasını ve gönderilmesini sağlayan SMS modülü. SMS aracılığıyla iletişim girişte dizesel bağlanmış Siemens'in MC35i GSM/GPRS modülü kullanılıyor.



Res. 4-6. GSM terminalin (koaksiyel –eşksenli) donanımı

MC35i GSM/GPRS modülü geniş alanda kullanılabilen modüldür. Telemetri, telematik ve telefonculukta kullanılıyor. Bu modül ile veriler, ses,

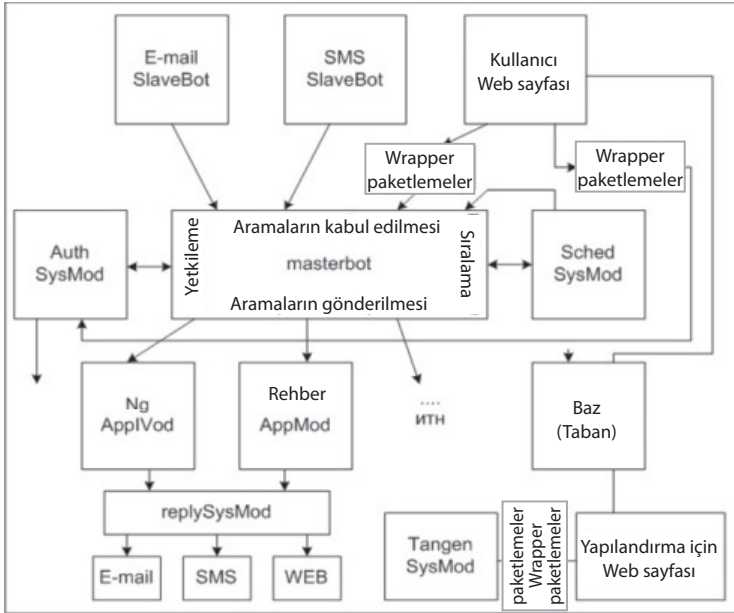
SMS mesajlar ve faks iletimi sağlanıyor. Bu uygulamalar küçük enerji tüketicileridir. GSM 900MHz ve GSM 1800MHz frekans alanında çalışıyor.

Standart selüler (hücre sel) cihazların bağlanması için MC35i 40-pinli ZİF bağlayıcı kullanıyor. Bu bağlayıcı kontrol verileri, ses sinyalleri ve besleme için arabirim kuruyor.

Selüler cihaz CDPD (cellular Digital Packet Data) telsiz iletim paketi kullanıyor. CDPD mobil telefonculuk için mevcut kanallar aracılığıyla, 19,2Kbps hızla verilerin çift yönlü paketli iletimini sağlıyor.

### SMS ile İletişim Prensipleri

SMS aracılığıyla iletişim SMS, e-mail ve web-ulaşımı olmayan yazılım paketlerine ve donanıma böyle ulaşım sağlayan yazılım olarak açıklanabilir. SMS iletişimin blok-şeması Res.4-7'de verilmiştir.

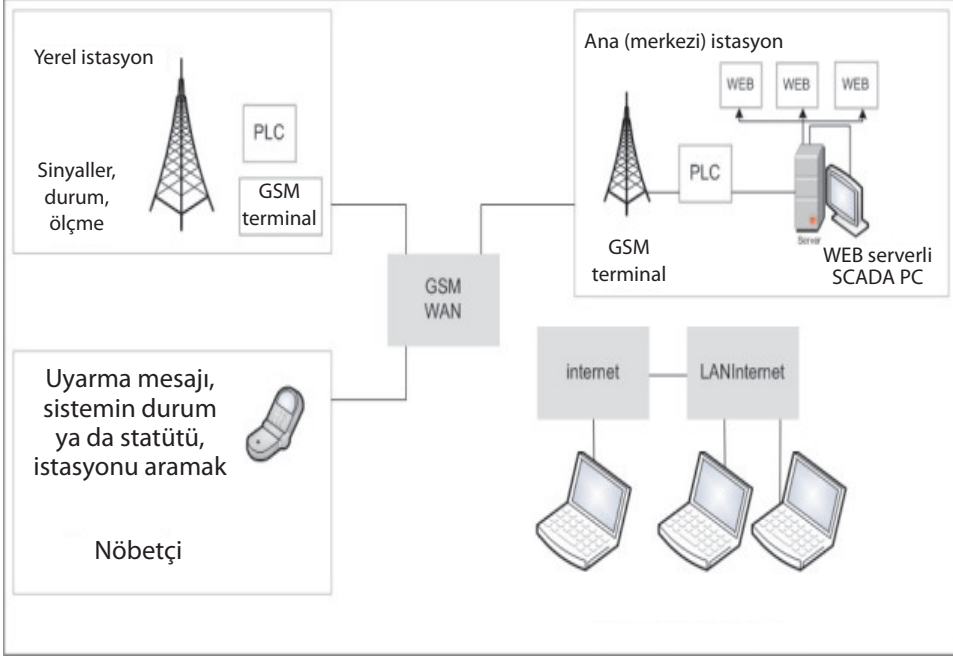


Res. 4-7. SMS iletişimin blok-şeması

Kullanıcı SMS veya e-mail yardımıyla ya da web aracılığıyla mesaj gönderiyor. Gönderme araması masterbot'a doğru gidiyor. Masterbot her parçası ayrı modül olarak davranan parçalara ayırıyor, kullanıcının gerçekliğini



Tam işlevsellik için tarife modellerden (DATA M2M) birinin kullanılması, web-serverin, bilgisayarın ve yerinden edilmiş nesneden bilgi gönderen cihazın olması yeterlidir. Aşağıdaki Res.4-9’da GSM telemetrisi gösterilmiştir



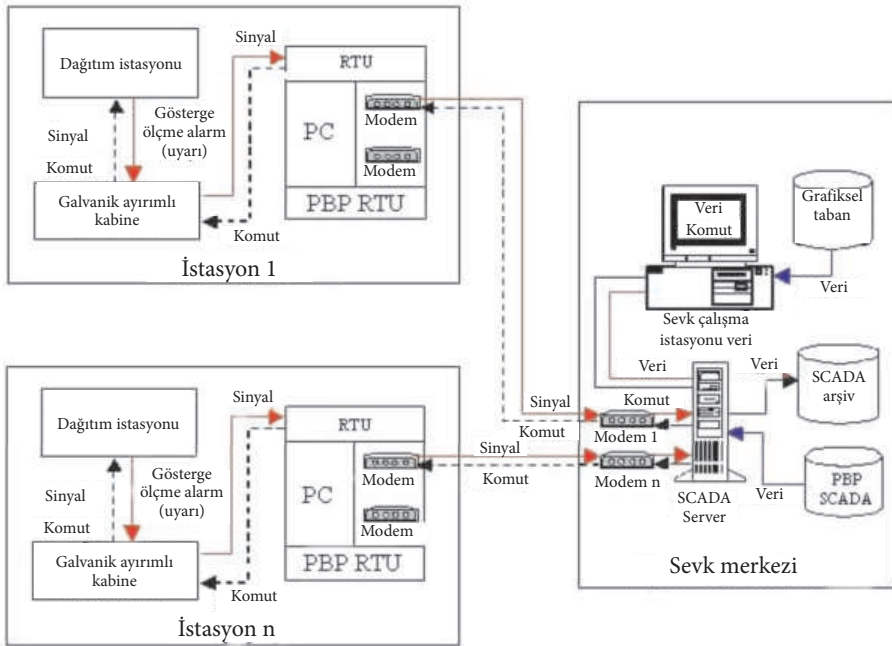
Res. 4-9. GSM telemetrisi

Özetleyelim: Yerel gözetlenen nesnelere PLC cihazlarla ve GSM terminalerle donatılarak, bu cihazlardan veriler benzer ancak daha büyük kapasiteli cihazlarla ve PC bilgisayarlarla donatılmış merkezi istasyona gönderiliyor. Yerel ve merkezi istasyonlar arasında iletişim çift yönlüdür. SMS ile gerçekleşiyor ve bu arada mesajlar düzenli olarak gönderiliyor (kesin olarak belirlenmiş zaman aralıklarda ya da gereken durumda sadece bir kez). Süreç büyüklüklerinde meydana gelen değişikliklerin gösterilmesi için grafiksel program uygulaması kullanılıyor. Değerler GSM cihazıyla görülebilir. Veriler “zamansal dur” anında alınıyor, ve böylece mevcut ve hafızalanan veriler hakkında sürekli değerlendirme kolayca elde edilebilir.

## 4.4 SCADA SİSTEMLER (DENETLEYİCİ)

Denetleme (sürveyans) kontrol sistemi ve sürekli yönetmeyi şu elemanlar oluşturuyor: yönetilen süreç, onun donanımı ve insan-operatör. Kısaca bu sisteme SCADA-sistem (Supervisory Control and Date Aquisition) denir. Veri yayılımı, gözetleme, takip etme ve yönetme geniş kapsamda donanım, sistemler ve bu görevlerin gerçekleşmesi için çözümler gerektiriyor.

En basit SCADA-sistem örneği, (akvizasyon) kart yönetimi aracılığıyla veri alan, verileri işleyen, süreç için bilgi yaratan ve o şekilde gözetleme ve yönetme gerçekleştiren sıradan bir PC bilgisayardır. SCADA sistemin elemanları Res.4-10'da verilmiştir.



Res. 4-10. SCADA sistemin elemanları

SCADA sistem için daha kompleksli örnek, bilgisayar ile desteklenen ve TU (Terminal Unit) ile yönetilen, bilgisayar merkeziyle – dağıtım yönetim sistemiyle (DYS) iletişim kuran radyo bağlantılar ağıdır. En kompleksli SCADA-sistemi, server-server, server-kullanıcı şeklinde çalışan SCADA sis-

temler ağı WASCAD sistemidir (Wide Area SCADA). İki ya da fazla bağımsız SCADA sistemi arasında veri değişimi ile çok kompleksli teknolojik üretim süreçleri kontrol ediliyor ve yönetiliyor. Gözetme-yönetim sistemi genelde PC-bilgisayarla veya benzer bilgisayar sistemiyle donanmıştır. Bu bilgisayarlar program açısından MMİ uygulaması (MAM – Mashine İnterrface) ile destekleniyor. Bu uygulama belirli bir gözetleme ve yönetim sistemi hakkında bilgisayarla kesintisiz diyalog sağlıyor. Bu aşamada yönetim için kararların getirilmesi için temeli terminal birimlerinden (TU) alınan veriler tanımlıyor. Bu veriler merkez taban oluşturuyor ve bu sırada veriler yönetim komutların sunumu ve üretimi için uygun şekilde dönüştürülüyorlar. MMI uygulaması her zaman grafiksel arabirimle destekleniyor. Grafiksel arabirim birden fazla sinyalinin bir diyagramdaki görünümünden belli bölümlerin büyütülmesini, nesnelerin farklı bakış açıdan grafiksel görünümünü, belirli bölümlerde sürünümünün çalışma durumuyla beraber gösterilmesini (MİMİC DİAGRAM), ölçülen ve benzer büyüklüklerin görünme olanaklarını sunuyor.

Tümleşik DYS'de SCADA sisteminin temel rolü şudur:

1. Sistemdeki dağıtım ağının elemanlarının mevcut ve arşivleşmiş ölçü değerlerinin korunması ve görünmesi;
2. Sistemde donanımın mevcut durumunun korunması ve gözetlenmesi;
3. Alarmların (uyarıların) korunması ve görünmesi.

Bu işlevlerin gerçekleşmesiyle SCADA sistemi dağıtım ağı üzerine iki temel işlevi gerçekleştiriyor: kontrol ve kumanda.

**Kontrol** – kontrol işlevi dağıtım ağının durumuna, gerilime, güce, frekansa sürekli kontrol demektir.

**Kumanda** – işlevsel kumanda iletişim donanımıyla yönetim ve bazı durumların değişmesini tanımlıyor.

## 4.5 KORUMA ALARM SİSTEMLERİ

Alarm sistemlerin çalışma ve yaşama yerlerinden, büyük ticaret merkezler, bankalar, eğitim kurumları, spor tesisleri, özel amaçlı tesisleri, mağaza alanlarına kadar teknik ve güvenlik korumasında geniş kullanımları var. Alarm sistemin temel amacı mülkiyetin korumasıdır. Alarm sistemleri şu elemanlardan oluşuyor:

1. Farklı giriş sayılı alarm sentralleri.
2. Mevcut besleme ağın istenmeyen kesilmeler durumunda kendi alarm sisteminin yedek beslemesi.
3. Detektörler (kızılötesi, mikrodalgalar, akustik piezoelektrik, titreşimli, manyetik, kontakli karmaşık, kablolu ve kablosuz), tesise ve duruma bağlı bir ya da farklı detektör türleri.
4. Sesli uyarı (kendi beslemeleri olan iç ve dış anti sabotaj olarak)
5. Kablosuz ve kablolu panik düğmesi.
6. Hareket sensörleri, gas detektörleri, yükselen sıcaklık, nem, zehirli ve yanıcı gaz detektörleri vb.

**Alarm sentrallerin seçimi tesislerin** kullanma şekline uyumlu, koruma sistemin kullanıcıların ihtiyaçlarına bağlı olarak yapılıyor. Alarm sentrallerle tüm iletişim, rakamlarla kuruluyor. Şifreler sistemi o şekilde kurulmuştur ki bir ana (master) şifresi var ve seçilen sisteme bağlı olarak 10 ya da fazla kullanıcı şifresi olabilir.

Korumalı alanlardan her varlığın algılanması kızılötesi detektörlerle gerçekleşiyor. Bu detektörler genelde alanda sıcaklığın değişmesi prensibine göre çalışıyorlar. Kızılötesi (Ic) – sensörler dışında, (Ic) detektörleri ve mikrodalga detektörleri içeren çift hareket detektörleri de kullanılıyor. Çift detektörler, ayrıca alanda sıcaklığın değişmesine duyarlıdır. Çift detektörlerde çift algılama olduğundan dolayı, yanlış alarm olanağı çok alçaktır. Tüm sistemin 24-saat kabloları kesilmesine karşı olduğu gibi, sensörlerin, sentralin, kodlayıcının ve dış sesli uyarıların (sirenlerin) açılmasına karşı koruması var. Bu şekilde sistemde sabotaj olanağı dışlanmıştır.

Yüksek risk dereceli tesislerde (bankalar, döviz büroları, hükümet kurumları, büyükelçilikler, ticaret merkezler vb.) kullanılan alarm sistemlerin, böyle tesis türleri için önceden işletilmiş projelere dayanarak, şu özellikleri vardır:

1. Korunması gereken tesislerin sayısına bağlı olarak 4, 8, 16, 32 veya 64 giriş bölgesi alarm sentralleri uygulanıyor.
2. 2, 3 veya fazla bölümlenmeli, telefon, kablosuz ve GSM iletişimcileri.
3. Piller (aküler) ve elektrik kaynakları, aşırı yüklemeye karşı koruma.
4. Tesislerin kapsanması çift sensörlerle (pasif, kızılötesi ve mikrodalga sensörleri) sağlanıyor.

Kasa dairelerin koruma sistemlerinin çift sensörleri, titreşim ve cam kırılma sensörleri ve kasaların açılması için manyetik düğmeleri (reed röller) ile kasa dairenin giriş kodlayıcısı vardır. Çift sensörlerle alanda her hareketten koruma elde ediliyor. Titreşim sensörler ile her türlü hırsızlık, delme ve metal kapıların kırılması gibi dış titreşimlerden koruma yapılıyor. Mıknatıslı kontaklar kasaların açılmasına karşı koruma gerçekleştiriyor.

24 saat aktif panik-dokunma raylı ve panik-düğmeli sistemi insan hayatına ve maddi mallara tehdit olduğu durumda sessiz sinyalizasyon sağlıyor.

Panik-dokunma rayları yerde, masa altında monte edilerek, çalışanlara erişimlidir. Panik-düğmeler (tuşlar) ödemelerin yapıldığı sandalye altında (bankada yada döviz bürosunda) monte ediliyor. Panik-düğmeleri operatörlerin hemen yanında bulunuyor.

Böyle sinyalizasyon iç ve dış sirenlerden ses uyarılarının aktifleşmemesi demektir. Büro beeper, doğrudan gözetim merkezinde panik düğmenin basıldığı gösteriyor.

Yangından korumayı, diğer alarm korumanın aktif durumundan bağımsız ayrı 24-saatlik bölge olarak yangından koruma sistemi veya alarm sistemi sağlıyor.

#### **4.5.1 Sinyalizasyon ve Koruma Alarm Sistemlerinin Elemanları**

Bu cihazlar farklı nesne türlerin algılanması için kullanılıyor. Onlar analog büyüklüklerini dijital büyüklüklere dönüştürüyor. Alarm sistemlerin teknik korumada ve insanların korunmasında geniş kullanımı var. Sensörler, alarm sistemlerini parçası olan cihazlardır ve alarm sistemlerin çalışma kalitesini artırıyor.



Farklı sensör türleri vardır: fotoelektrikli, hareket sensörleri, görsel algılama sensörleri, yakın anahtarlar, kademeli sensörler, piro-elektrik sensörler.

**Fotoelektrikli sensörler:**

- Trough beam – alıcı ve verici arasında bulunan sensörlerdir. Trough beam bu iki bölümü bağlayan ışık demetidir ve algılama bölgesi kuruyor. Işık demetinden geçen nesne bu bağlantıyı keserek algılıyor. En büyük (maksimum) mesafe birkaç metreden 50 m'ye kadar olabilir.
- Retro-reflektörler (alıcı ve verici bir kasada bulunuyor. Işık uygun reflektörden geri dönerek alıcıya dönüyor).
- Dağıtım malı fotoelektrik sensörlerinde verici ve alıcı beraberdir ve ışık demeti nesneye çarparak, ondan geri dönüyor.

**Hareket sensörleri:** nesneden ışığın bir bölümü geri döndüğü, diğer bölümü ise alıcıya giderken paralel ışık demetinin algılanması

**Görsel yerleşme sensörleri:** videokameralı resimin isabetli pozisyonlanmasına dayanan kontrol şekli

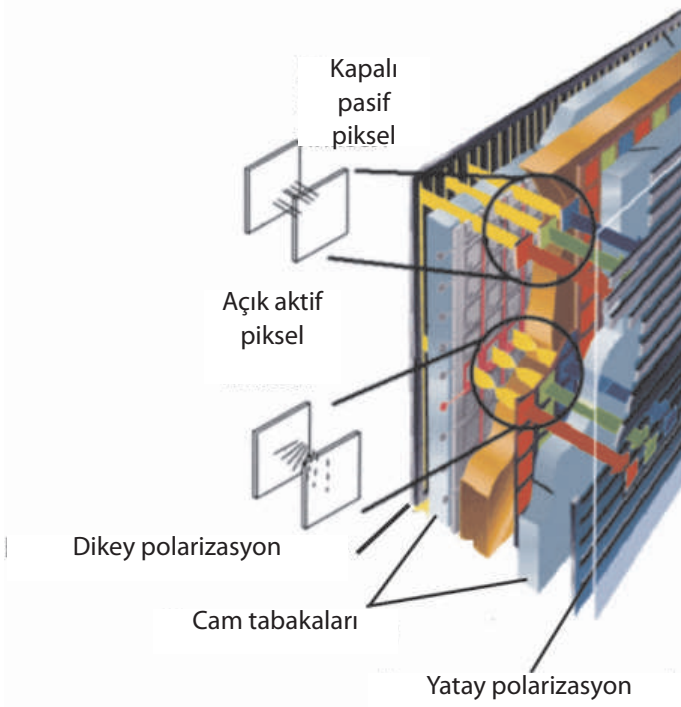
**Piro-elektrik sensörleri** – Nesnelerin ve insanların hareketlerinde değişimle kızılötesi enerjinin değişimini algılama prensibine göre çalışırlar. Işğın basamaklarda, hollerde ve bodrumlarda otomatik açılmasında, elleri kurutmak ve temizlik ile yıkama cihazların açılması, kapıların açılması ve benzer durumlarda kullanılıyor.

**EK:**

Ek 2'de süreçlerin otomatizasyon örneklere bakın

## 4.6 BİLGİ EKРАНLARI

Bilgiyi resim şeklinde görsel görüntülemek önce beyaz düz bir yüzey üzerine projeksiyonla yapılmış. Daha geç katot tüplü (CRT-cathode ray tube) televizyon alıcıları ortaya çıkmış. Bu televizyonlar kaliteli resim üretiyormuş, ancak televizyonun büyük boyutlarından dolayı ve ekranın daha büyük olması gereği nedeniyle, ekranların gelişimi LCD, plazmaya doğru yönelmiş.



Res. 4-11. LCD ekranı

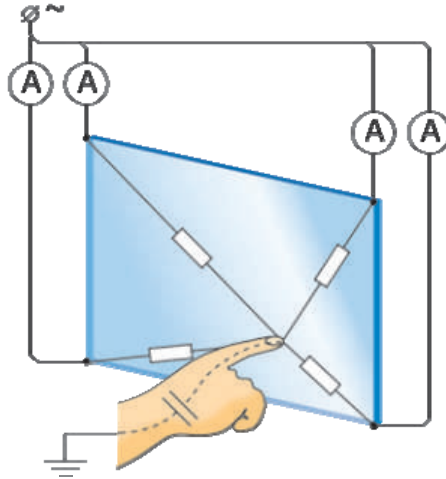
LCD (liquid crystal display) içinde “sıvı kristaller” içeriyor. Bu malzemenin sıvıya benzeyen yapısı var, yani moleküller sopacıklar şeklindedir ve onların yönelimi (oryantasyonu) herhangi yönde olabilir (bu özellik sıvıların bir özelliğidir). Bu malzeme elektrikli alanda bulunduğu zaman, onun tüm molekülleri yönlendiriliyor (katı,kristal malzemenin özelliği). Bu malzeme iki cam tabakası arasında yerleşiyor, tabakalar arasında

koyulan iletkenler ağı ise Res. 4-11'de gösterilen dikey ve yatay polarizasyon (kutuplaşma) gerçekleştiriyor. Bazı dikey ve bazı yatay iletkene gerilim getirilince, o yerde elektrik alanı oluşuyor ve "sıvı kristalden" moleküllerin yönlendirilmesi gerçekleşiyor ve bu ekranda ışıklandırılan pikseli tanımlıyor.

Ekranın renkli olması için, her pikselin 3 altpikselden oluşması gerekiyor: kırmızı, mavi ve yeşil. Her altpiksel için uygun gerilim kombinasyonu (gerilimin büyüklüğü ile altpikselin aydınlandığı yoğunluk, kuvvet belirleniyor) temel rengin 256 renk tonu elde ediliyor (256 kırmızı, 256 mavi ve 256 yeşil renk tonu). Bu şekilde 16,8 milyon renkten palet oluşuyor.

Bu ekranlar şu cihazlarda kullanılıyor:

- TV-alıcılarda,
- bilgi ekranlarında (havaalanında, tren istasyonununda, bankalarda, bahishanelerde, klinik veya hastanelerde),
- cep telefonlarda,
- CD çalarlarda,
- dijital saatlerde,
- monitörlerde.



Res. 4-12. Değişen gerilim ile Touchscreen (dokunmalı) ekran

LCD ekranları başka yönlerde de gelişiyor, örneğın dokunmaya duyarlı olan touchscreen ekranları. Onların dokunmayı kaydetme ve dokunulan yeri kaydetme olanağı var. Dokunma olarak ekran ile insan parmağı, özel kalemler veta katı bir nesnenin arasında temas sayılıyor. Bu ekranların, gösterilen içeriklerle doğrudan yönetilebilme olanakları var. Çalışmalar o şekildedir ki, ekrana dokununca bazı özellikler değışiyor, direnç (Res.4-12), kapasite. Dokunuş yerinde yada cam tabakaları altında her köşede amortisörler ve basınç ölçerleri yerleşiyor.

Touchscreen ekranların büyük kullanımları vardır:

- cep telefonlarda
- bilgisayar ekranlarında
- saat ekranlarında
- bilgi ekranlarında
- laptop (dizüstü) bilgisayarlarda
- İpod çalarlarda

## **4.7 TRAFİKTE SİNYALİZASYON VE KONTROL**

Trafik ve trafik yüklemesi, büyük ölçüde, zaman, gün, mevsim, atmosferik etki gibi parametrelere bağılı olduğı gibi, kazalar, yol çalışmaları sırasında belli olaylar ve etkinlikler gibi öngörülmemiş durumlara da bağılıdır. Bu parametreler göz önüne alınmazsa, trafik kontrol sistemi tıkanıklık ve gecikmeler meydana getirecek.

Üç tür trafik sinyal kontrolü vardır:

- Gün içinde zaman periyotlarına (aralıklarına) göre kontrol,
- Reaktif (tepkisel) trafik kontrolü, ve
- Adaptif (uyumlu) trafik kontrolü.

### **Gün içinde zaman periyotlarına göre kontrol**

Sabitleşmiş (belirlenmiş) zaman kontrolü adıyla da bilinen, gün içinde zaman periyotlarına göre kontrol (Time of day Control - TOD), en çok kullanılan kontrol şeklidir. TOD-kontrolünde sinyaller, zaman hesaplama planları kullanarak düzenleniyor (koordine ediliyor). Bu planlar her trafik sin-

yali için yeniden dağıtma, döngü uzunlukları ve faz değişimlerinden oluşuyor. Bu planlar el yöntemleri y da belli yazılım kullanarak “offline” olarak gelişmiştir. Planlar o şekilde sabitleşmiştir ki, trafik şablonu yıllar geçtikçe değişiyor, zaman hesaplama planı ise ayarlanmış değilse eskileniyor. TOD-kontrolü sınırlıdır.

##### **Reaktif trafik kontrolü**

Trafikte, reaktif trafik kontrolü (trafik koşullarının etkisine tepki, yanıt veren), sinyalleri de, TOD-kontrolünde olduğu gibi, zaman hesaplaması için ışık sinyallerin aralarında uyumluluk planları kullanarak koordine ediyor. Bu iki kontrol şekli arasındaki fark uygulanacak planın seçimindedir. Sadece bir sabitleşmiş sıralamanın olması yerine, reaktif trafik kontrolü, gerçek trafik koşullarına dayanarak, zaman hesaplama planları uyguluyor. Gerçek zamanda bilgileri işletmek amacıyla, kesintisiz bilgi toplayan birkaç trafik sensörü vardır. Reaktif trafik kontrolü, TOD-kontrolü gibi aynı sorunlarla karşılaşılıyor. Yıllık zaman hesaplama planlarında, önceden gelişmiş planlarda beklenmeyen koşullarla başa çıkmak için uyumlu plan olmayabilir.

##### **Adaptif trafik kontrolü**

Yeşil ışığın yandığı sürenin yeniden düzenlenmesi, döngü uzunluğu ve faz değişimi gibi kontrol parametreleri, adaptif (uyumlu) kontrolde kesintisizdir ve kontrol sistemine uyumludur. Zaman hesaplaması için sabit uyumlaşma planları yoktur.

Adaptif trafik kontrolü gerçek zamanda trafiği gözetleyen çok sayıda sensörlerin olmasını gerektiriyor. Trafikte değişiklik olunca, yeniden düzenleme, faz değişimleri ve döngü uzunlukları genelde birkaç saniye için uyumlanıyor. Amaç, trafik sinyallerin her zaman, trafik akışının optimize edecek şekilde çalışmasıdır.

Adaptif trafik kontrolü aşağıda verilmiş olan üç genel amacı yerine getirmelidir:

- normal koşullarda toplam durdurmaları ve gecikmeleri azaltmak;
- sıradışı koşullar sırasında trafik sinyallerin optimize edilmesini desteklemek;

- yıllar geçtikçe, trafiğin şemaları değiştiği gibi trafik sinyallerin optimize edilmesini desteklemek.

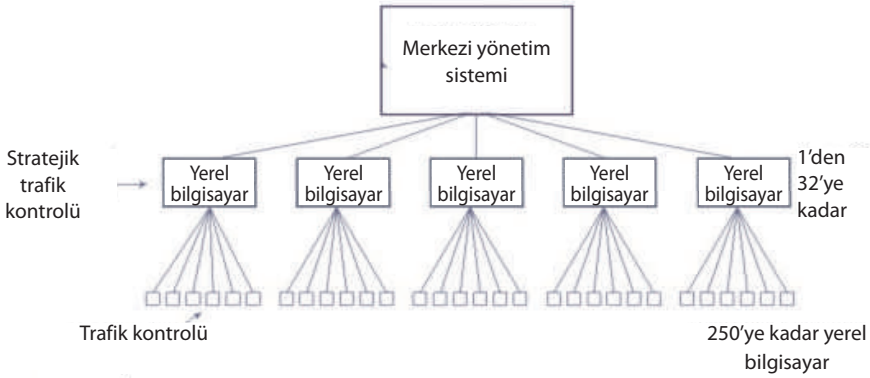
Yukarıda belirtilen amaçlara etkili şekilde ulaşmak için, adaptif trafik kontrolünün, trafik sinyallerinin zaman hesaplamalarında değişikliklerin yapılması için, büyük esnekliğe gerek vardır.

## **4.8 ADAPTİF SİSTEMLER**

İki en popüler adaptif kontrol sistemleri Sydneyde koordine edilmiş (eşgüdümlü) adaptif trafik sistemi (Sydney Coordinated Adaptive Traffic System - SCATS) ve yeşil ışığın dağılımının, döngü uzunluğunu ve faz değişimin optimizasyon tekniği (Split Cycle-length and Offset Optimization Technique - SCOOT). Her iki sistem (SCATS ve SCOOT) 20 yıldan fazla kullanılıyor ve büyük derecede gelişmiştir. Her iki sistemin farklı çalışma şekli vardır.

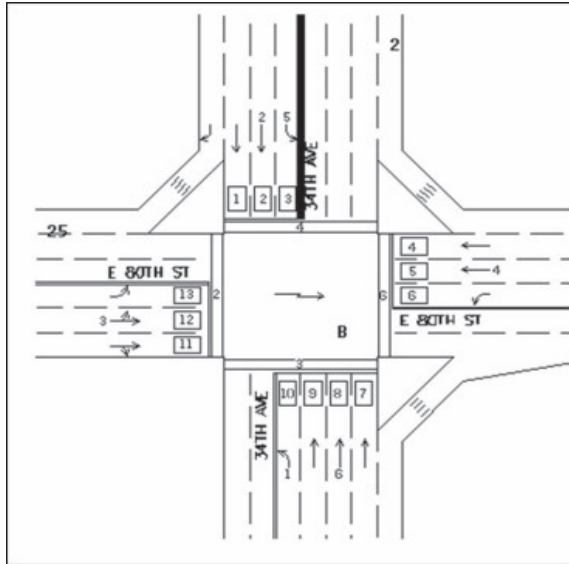
Olumlu ve olumsuz tarafları da vardır. Bir sistem bir durumda daha iyi çalışıyor, diğer sistem ise başka bir durumda daha iyi çalışıyor.

**SCOOT** – yeşil ışığın dağılımının, döngü uzunluğunun ve faz kaymasının optimizasyon tekniği, trafiği kaydeden (takip eden) ve trafikte değişimler meydana geldiğinde gerçek zamanda uyum sağlayan adaptif trafik kontrol programıdır. SCOOT online trafik modelidir ve sürekli trafik hakkında gerçek zamanda bilgi toplayarak verilen bir sinyal ağı için dağılımları, döngü uzunluğunu ve faz kaymasını optimize ediyor. SCOOT dağılımları, döngü uzunluklarını ve faz kaymalarını uygulamak amacıyla trafik kontrolü için sinyal sistemi gerektiriyor. SCOOT sürekli bu parametrelere göre uyum sağladığından dolayı, sinyal sistemi merkezi kontrol sistemi olması ve gerçek zamanda trafiği gözetlemek ve kontrol etmek yeteneğinin olması gerekiyor. Yapısı Res.4-13'te verilmiştir.



Res. 4-13. SCOOT yapısı

SCOOT araçlar için düzgün çalışabilecek önemli sayıda detektör arıyor. Bu detektörler dur çizgisinden trafiğin gerçekleştiği yönden ters yönde (upstream) yerleşmelidir.

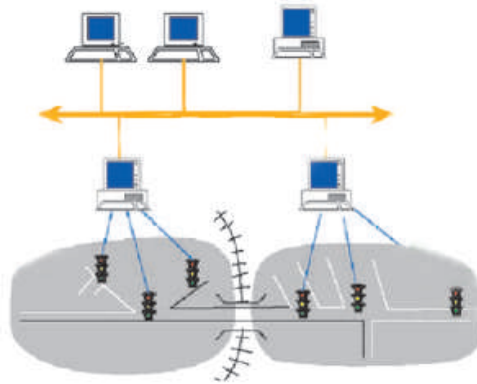


Res. 4-14. Trafik simülasyon modeli

SCOOT makroskopik simülasyon modeli ve gerçek zamanda optimizasyon modelini içeriyor. Simülasyon modeli gerçek zamanda trafiği okuyor (upstream) ve trafik yönünde (downstream) dağılma algoritması kullanarak varış zamanını öngörüyor. Simülasyon modeli Res.4-14'te gösterilmiştir.

SCOOT, VMS işletim sistemi olan bir DEC ALFA bilgisayarda çalışıyor. DEC ALFA aslında tipik bir PC'nin büyüklüğüdür. VMS işletim sisteminin uygulamasında kanıtlanmış sonuçlar vardır. VMS'ye Windows işletim sisteminin koşullarına kıyasen, daha karaklı işletim sistemi olarak bakılıyor.

SCOOT trafik akışının optimizasyonu için teknik kullanıyor. Trafik yönünden ters yönde yerleşmiş olan detektörler bir sinyale doğru hareket eden trafiği ölçüyor. SCOOT trafik modeli ne olacağını öngörüyor ve zamanın hesaplanması için parametrelere en uygun olacağını düşünen uygulamaları gerçekleştiriyor. Bu öngörme sinyalin değişmesine yedi saniye kala yapıyor. SCOOT sinyal ağında ortalama toplam beklemeyi azaltmaya çalışıyor. Bu verimli etki katsayısıyla ifade ediliyor. Ayrıca, SCOOT araçların kaç kez durmaları gerektiğini göz önüne alıyor. SCOOT'un beklemenin ve durmanın relatif değerini dengeleyen ağırlık faktörü vardır. SCOOT trafik modeli en iyi sinyal düzenlemenin gerçekleşmesi için bekleme zamanını değerlendiriyor. Detektörlerden trafik verileri SCOOT'un trafik modelinde her dört saniyede dolduruluyor. Trafik akışına dayanarak, SCOOT sinyalin kırmızı olunca aşağı akım sinyallerden kaç araçın geleceğini tahmin ediyor. Bu yüzden araçlar sırası hesaplanıyor ve sıranın büyüklüğü ile araçları sırasının temizlenmesi için gereken zaman öngörülüyor. SCOOT araçlar grubunun belirli sapmalarla, bilinen bir hızla hareket ettiğini tahmin ediyor. Aynı zamanda, SCOOT kırmızı ışık önünde araçlar sırasının yeşil ışık sırasında, bilinen ve sabit kalan boşaltma yoğunluğuna göre, boşanacağını tahmin ediyor. Sensör ağı Res.4-15'de verilmiştir.



Res. 4-15.Sensör ağı



Yolculuk süresi ve araçlar sırasının boşalması her kavşakta her yaklaşım için ölçülen ve SCOOT modelinde girilen parametrelerdir. Trafik akışından veriler genelde dur-çizgileri önünde yerleşmiş olan endüktif düğümlü detektörlerden birikiyor. Sensörler tıkanıklık durumunu, araçlar dizisinin detektör üzerinde olunca keşfetebilir. Sensörlerin araçlar dizisine yanıt veremeyince SCOOT'un optimizeri (en iyileyici) belirli bir etkinlik gerçekleştiriyor. SCOOT sinyal hesaplamaları, sık ama küçük artışlar dizisine ayarlıyor.

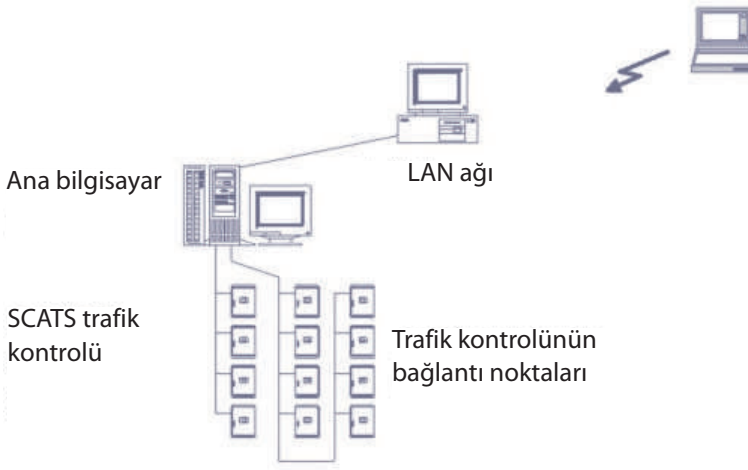
Optimizere döngü uzunluğuna, her 2,5-5 dakikada uzunluğu 4 saniyeden 8 saniyeye kadar düzeltiyor. Döngü uzunlukları pratik en kısa ve en uzun zaman çerçevesindedir. Döngü uzunluğu, koordine edilmiş bir sinyaller grubunda en yoğun kavşaklarda doyma derecesini kullanarak optimize ediliyor. Döngü uzunluğu için kullanılan kriter öyledir ki en yoğun kavşağın yaklaşık 90% en yüksek bir doyum derecesinde çalıştırılması gerekiyor. En yüksek doyum derecesi 90%'dan daha az olunca, eğer kavşak döngü açısından katlanmış olursa, SCOOT kavşaklarda döngüyü ikiye katlayabilir.

SCOOT sisteminde "yeşili" dağılım optimizeri her faz değişiminden birkaç saniye önce çalıştırılıyor ve değişimin ileriye alınıp alınması hakkında karar veriyor. SCOOT kavşağın her ulaşma noktasında doyum derecesini azaltmak için çaba gösteriyor. Optimizasyonda doldurma derecesi de eklenebilir. Dört saniyelik geçici değişiklikleri her döngü yapabilir. Ayrıca, her döngü, dağılımda bir saniyelik kalıcı değişiklikler yapabilir. Her kavşak diğer kavşaklardan bağımsız olarak gözetleniyor.

Faz değişiminin optimizeri her döngüde faz değişiminin değişip değişmeyeceğini tahmin ediyor. Her değişiklik komşu kavşaklar arasında faz değişimlerini değiştirecek. Faz değişiminin uyum sağlama kararı, mevcut değişimden birkaç saniye daha erken yada daha geç meydana gelen yeşil ışık zamanının değişimiyle, tüm bağlantı yolların verimli etki katsayılarının toplamıyla kıyaslanarak getiriliyor. Tıkanıklık derecesi performans endeksinde yerleşebilir. Artı/eksi dört saniyelik bir değişiklik her döngü için uygulanabilir.

**SCATS** – trafikte kullanılan başka bir adaptif kontrol sistemidir, ve bu sistem Res.4-16’da gösterilmiştir.

SCATS sistemi güncellenip gelişmiştir ve Windows çevresinde bir PC platformunda çalışabilir. Yerel komut cihazında ışık sinyalinin yerel komut cihazını ve SCATS-algılama için bağlantı sağlayan birim yerleşmiştir. Bu birim yakın tüm özellikleri sağlayabilir. Bu oldukça yeni gelişimdir ve böyle bilgi şimdilik sınırlıdır. SCATS dur-çizgisinde araçların algılanmasını arıyor.



Res. 4-16. SCATS trafik kontrolü

**Sinyal optimizasyonu için SCATS** sistemde biriken dur-çizgisindeki detektörlerden trafik verileri kullanıyor ve ondan sonra sistem, önceden gelişen olaylara dayanarak, sinyal zaman hesaplamasına uyum sağlıyor. Örneğin, son trafik döngüsü önceki döngüden daha yoğunsa, SCATS o ulaşım da yeşil ışık süresini artıracak. Bu özellik SCATS ve SCOOT arasında önemli bir farktır.

SCATS'ın, SCATS kontrolü altında olan trafik sinyallerin dağılımları, faz değişimleri ve döngü uzunlukları içeren, ışık sinyallerin çalışmasında uyumluluk hakkında önceki belirlenmiş planlardan dosyası var. Dağılımlar, faz değişimleri ve döngü uzunlukları, çok kolayca, herhangi bir zamanda, bilgisayar klavyesinin tuşlarına birkaç bastırmayla değişebilirler. Bu şekilde trafikte beklenmeyen durumlara hızlı yanıt verilmesi sağlanıyor. Bu özel-

lik, belli bir trafik olayı gözetlendiğinde çok önemli özelliktir. SCATS ortada olan trafik koşullarına dayanan ilişkili dağılımları, faz değişimlerini ve döngü uzunluklarını seçiyor ve uyguluyor. Bu yetenek, trafik akışının optimizasyonu için bu üç parametreyi SCATS'ın kesintisiz ve yükselişli uygulayacak belli bir başlangıç yeri sağlıyor. Durumların değiştiği gibi, SCATS dosyadan başka parametreler seçecek ve uygulayacak. SCATS zaman hesaplaması için kaç kez ve ne kadar sıkça parametreleri değiştireceğini operatör belirleyebilir.

Faz dağılımları ve döngü uzunlukları kritik kavşaklar için hesaplanıyor, faz değişimleri ise her iki yönde toplam trafik akışından belirleniyor. Daha küçük kavşaklar için faz dağılımları kritik olarak alınmıyor ve bu yüzden onlar değişmiyor.

Yerel denetleyicilerin hareketli araçlarla yönetmeleri için izinler var. Her altsistemde kritik bir kavşakta bu sıralama, daha küçük kavşaklarda en düşük algılamanın kullanılmasına izin vererek kullanıcı için avantaj sağlıyor. Bu anlaşma birkaç sene önce, belleğin sınırlı olduğu durumda ve her yerel bilgisayar için sadece 64 altsisteme erişebildiği durumda gerekiyordu. Günümüzde, SCATS'ın 999 altsistemlik kapasitesi vardır ve kullanıcıya her kavşağı kritik olarak gerçek şekilde belirlenmesine izin veriyor.

## 4 ÖZET

- ❖ Yönetim sürecinin gözetlenmesi kesintisiz olarak tüm değişikliklerin ve bu değişikliklerin uygun elektrik sinyallere dönüştürülmesinin takip edilmesini tanımlıyor.
- ❖ Yönetim sürecinin kontrolü, önceden elde edilmiş sinyalleri önceden verilmiş değerlerle karşılaştırmak ve olası farkların giderilmesi için çözüm getirmektir.
- ❖ Yönetim sürecinin sinyalizasyonu, sürecin mevcut durum hakkında anlaşılır görsel ve sesli bilgiler tanımlıyor.
- ❖ Tüm bu işlevleri göz önüne alarak tüm sürecin tamamıyla kontrol edileceği sonucuna varabiliriz. Böylece şu bireysel aşamalar sağlanacak: koşulsuz durdurma, uyarmak, sinyalizasyon, koruma etkinliklerin gerçekleşmesi için ayrı sistemlerin ve cihazların çalıştırılması.
- ❖ PLC (PROGRAMABLE LOGICAL CONTROLLER) donanımın ve yazılımın sanayi süreçlerin ihtiyaçlarına özellikle uyum sağlamış sanayi mikrodenetleyici sistemidir. PLC ile system, sürekli gözetim ve kontrol altındadır. PLC donanımın ve yazılımın sanayi çevreye uyum sağladığı sanayi mikrodenetleyici sistemidir.
- ❖ SCADA – sistemi (Supervisory Control and Data Acquisition) yönetsel kontrol ve süreç yönetimi sistemidir. Bu sistemi yönetilen süreç, onun donatımı ve insan-operatör oluşturuyor.
- ❖ LCD (liquid crystal display) içinde “sıvı kristaller” içeren ekranlardır.
- ❖ Touchscreen, dokunuşa duyarlı ekranlardır. Onlarda ekran ve insan parmağı, özel kalemler veya katıbir nesnenin arasında teması kaydetme olanakları var.
- ❖ Adaptif kontrol sistemleri yeşil sinyalizasyon ışığının dağılımını iyileştiren teknikleri olan SCATS ve SCOOT trafik sistemleridir.

**SORULAR VE ÖDEVLER:**

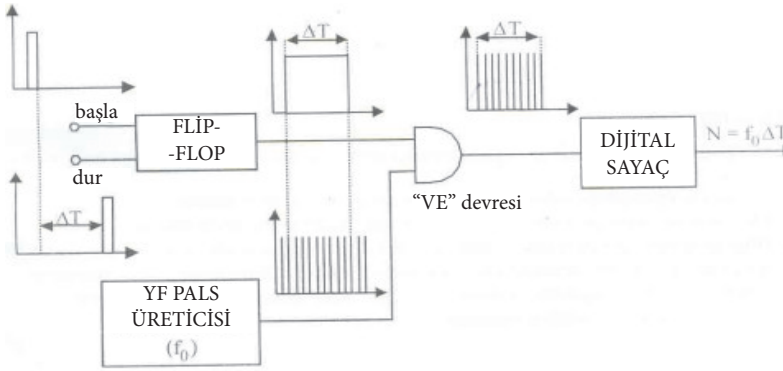
1. PLC-denetleyicileri bileşenlerinin blok-şemasını çiz!
2. PLC-denetleyicilerin işlevleri nedir?
3. Gözetleme ve kontrol arasında fark nedir?
4. Modern yönetim sistemlerinde birkaç gözetleme şeklini say!
5. Uzaktan yönetim ve gözetleme için telemetrik sistemini açıkla!
6. Alarm sistemleri nasıl çalışıyor?
7. Programlanır terminalin işlevi nedir?
8. Bilgi ekranları olarak günümüzde hangi ekranlar kullanılıyor? Onların özelliklerini say!
9. SCADA sistemi nedir?

## EK 1:

### Zamanlıl Geçikme Detektörü

Dijital zamanlayıcı, zamansal gecikme detektörü olarak uygulanıyor. İkikararlı multivibratör flip flopun girişinde  $\Delta T$  zaman aralığı için zamansal kaydırılmış dürtü vuruları getiriliyor. O zaman onun girişinde  $\Delta T$  süreli dikdörtgen vuruları elde ediliyor. Bu dikdörtgen vurusu bir “VE” devresinin girişine götürülüyor. Diğer girişte yüksekfrekanslı üreticiden kesin olarak belirlenmiş  $f_0$  frekanslı vurular dizisi getiriliyor. “VE” devrenin çıkışında  $\Delta T$  süren vuru frekansı  $f_0$  elde ediliyor. Verilen denklemde N, dizide vuruların sayısıdır,  $N = f_0 \cdot \Delta T$ .

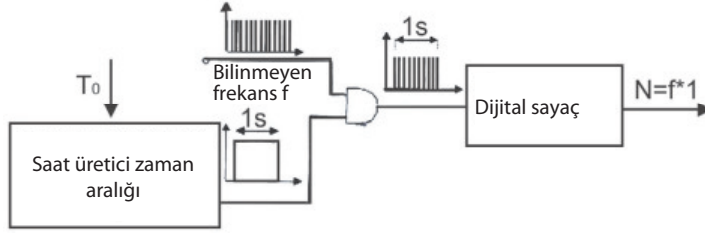
Aşağıdaki resimde zamansal gecikme dijital detektörün blok-şeması verilmiştir.



Dijital detektörün blok-şeması verilmiştir.

### Frekans Detektörü

“VE” devrenin bir girişinde frekansları bilinmeyen vurular dizisi getiriliyor, diğer girişte ise (zaman aralığı bir üreticiden) dikdörtgen şekilli sinyal getiriliyor. Bu sinyalin süreleri biliniyor: 0,01; 0,1; 1; 10 s vs. Dikdörtgen vurunun süresi 1s ise, o zaman “VE” devrenin çıkışında 1s süren bilinmeyen frekanslı dikdörtgen vuru dizisi elde ediliyor. Frekans detektörü aşağıdaki resimde verilmiştir.



### Frekans detektörü

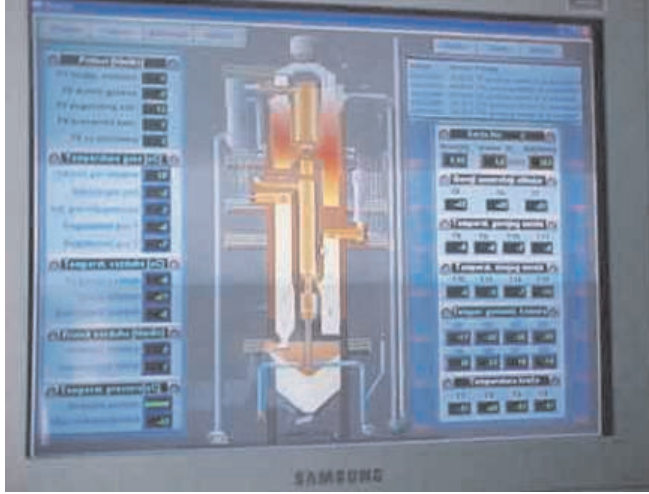
Bu detektörde de vuruların sayısı  $N = f_0 \cdot \Delta T$  denklemiyle belirleniyor

## EK 2:

### SÜREÇLERİN OTOMATİZASYONUNDA EĞİLİMLER

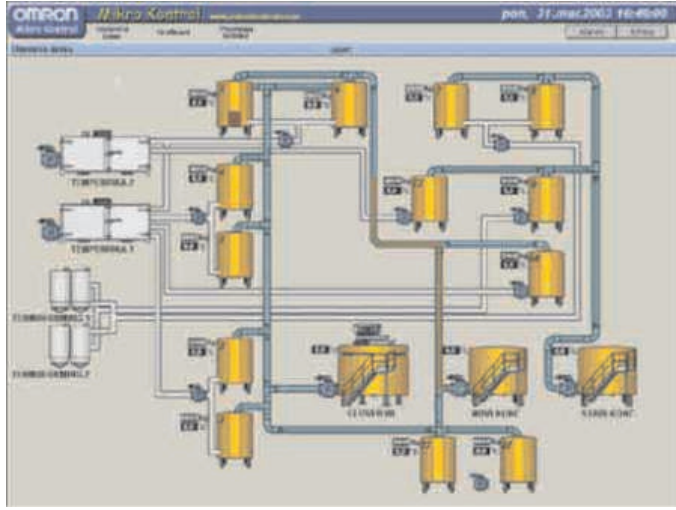
Otomatik yönetimin önemi, onun verdiği görevlerin öneminden ve otomatik yönetimin elle ya da yarıotomatik yönetimine göre olduğu avantajlardan geliyor. Otomatik yönetim yönetilen nesnenin tatmin edici çalışmasını sağlıyor, yani gerçek ve istenilen davranmadan sapmalar izin verilir sınırdan olmasını sağlıyor. Böylece, insanın doğrudan yer almadan sistemlerin düzgün çalışmaları sağlanıyor, kalite de daha yüksek seviyededir. Bunun dışında, bazı süreçlerin otomatik yönetimsiz gerçekleşmeleri imkansızdır. Aşağıdaki farklı sanayi dallarından verilen örneklerle, otomatizasyonun uygulanmasına göz atılmıştır:

- İnşaat sanayisi: kireç fabrikası – sıcaklık, basınç, akış, taş seviyesi gibi süreçlerin parametreler cihazları.

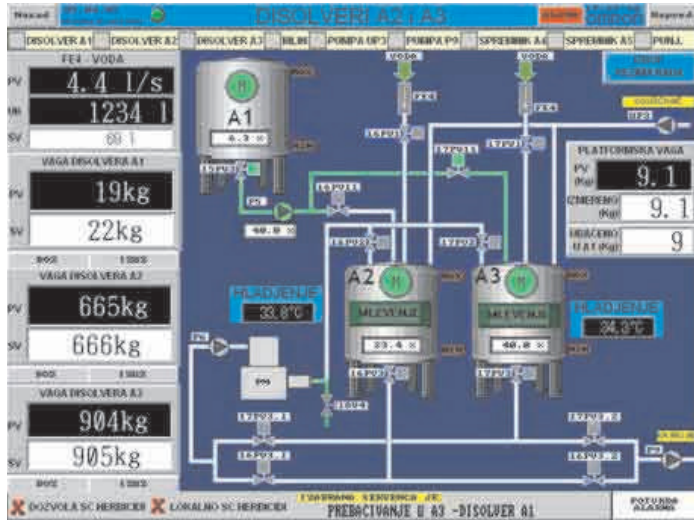


- Gıda sanayi - çikolata tabloların taşıma hattı – bu sistem, terminallerin uygun touch-panelinden inceleme ve kontrol sağlayan PLC ile gerçekleşmiştir





- İlaç endüstrüsü – herbisitler ve insektisitler (ot ve böcek yokediciler) tesisi. Sistem yerüstü ve yeraltı tanklar, kablolar, dozaj taşıyıcıları ve başka elemanlardan oluşuyor. Önceden hazırlanmış tarifler aracılığıyla hamurlar hazırlanıyor ve ondan sonra bu hamurlar özel kablarda taşıyor.



---

# KAYNAKÇA:

---

1. Optoelektronics Designer's, Chicago 1989
2. Основи на автоматско управување, Татјана Колемишевска-Гугуловска, Просветно дело 1992
3. Енергетска електроника, Наташа Божиновска, МОН, 2010 Скопје
4. Регулација на сообраќаен тек, проф. д-рБоро Ристик, Технички факултет Битола, 2005
5. Osnovi automatskog upravljanja, d-r Dusan Simic, Nausna knjiga, 1990
6. [www.emiter.com.mk](http://www.emiter.com.mk)
7. [www.tehnickaue.edu.rs](http://www.tehnickaue.edu.rs)